



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN ZONASI PERBAIKAN TANAH
DAN PONDASI DANGKAL PADA PERUMAHAN
PAKUWON CITY, SURABAYA**

SAFITRI NUR WULANDARI
NRP. 3113100032

Dosen Pembimbing I
Prof . Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN ZONASI PERBAIKAN TANAH
DAN PONDASI DANGKAL PADA PERUMAHAN
PAKUWON CITY, SURABAYA**

SAFITRI NUR WULANDARI

NRP. 3113100032

Dosen Pembimbing I

Prof . Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II

Putu Tantri Kumala Sari S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC14-1501

**ZONING DESIGN OF SOIL IMPROVEMENT AND
SHALLOW FOUNDATION IN PAKUWON CITY
RESIDENCE, SURABAYA**

SAFITRI NUR WULANDARI

NRP. 3113100032

Academic Supervisor I

Prof . Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Academic Supervisor II

Putu Tantri Kumala Sari S.T., M.T.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Civil Engineering And Planning

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

**PERENCANAAN ZONASI PERBAIKAN TANAH DAN
PONDASI DANGKAL PADA PERUMAHAN
PAKUWON CITY, SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SAFITRI NUR WULANDARI

NRP. 3113 100 032

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Noor Endah M.Sc., Ph.D (Pembimbing I)

2. Putu Tantri Kumala Sari S.T., M.T. (Pembimbing II)

SURABAYA

JULI, 2017

PERENCANAAN ZONASI PERBAIKAN TANAH DAN PONDASI DANGKAL PADA PERUMAHAN PAKUWON CITY, SURABAYA

Nama Mahasiswa : Safitri Nur Wulandari
NRP : 3113100032
Jurusan : Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
Dosen Pembimbing II : Putu Tantri Kumala Sari S.T., M.T.

ABSTRAK

Perumahan Pakuwon City merupakan kawasan perumahan seluas $\pm 526,80$ Ha yang berada diatas tanah lunak. Pada area tersebut akan dibangun 2 jenis rumah tinggal, 2 lantai dan 3 lantai serta akan dibangun jalan untuk fasilitas transportasi. Dalam perencanaannya, Pakuwon akan memperbaiki tanah dasar dengan metode preloading yang dikombinasikan dengan PVD untuk menghilangkan pemampatan tanah dasar sehingga tidak diperlukan pondasi dalam. Dengan demikian jenis pondasi yang akan digunakan di area tersebut adalah pondasi dangkal. Pelaksanaan penimbunan dan pemasangan pvd akan dilakukan secara bersamaan untuk semua area sedangkan untuk pembangunan rumahnya dilakukan secara bertahap sesuai dengan perencanaan.

Dalam rangka memudahkan pelaksanaan pembangunannya: pemasangan PVD, tinggi preloading, dan jenis pondasi dangkal, direncanakan pembuatan peta yang pengelompokannya didasarkan pada tinggi elevasi muka tanah dan ketebalan tanah lunak (Peta-1), tinggi timbunan (Peta-2), dan jenis pondasi dangkal (Peta-3). Selain itu dilakukan analisis untuk memperoleh jenis pondasi dangkal yang paling ekonomis.

Perencanaan dilakukan di kompleks Grand Island khususnya kompleks Santiago Rosa dan Virgin Gorda dengan luas area total ± 60 Ha. Dalam rangka pembuatan Peta-1, elevasi muka tanah dan kedalaman tanah lunak yang mempunyai beda

elevasi 1 – 1,5 m dikelompokkan dalam satu zona; di setiap zona yang telah dibuat, kedalaman tanah lunak dibuat rata – rata. Jadi, masing - masing zona mempunyai perbedaan tinggi elevasi muka tanah dan ketebalan tanah lunak. Setiap zona akan dibagi menjadi subzona berdasarkan beban tinggi timbunan preloadingnya (yaitu area jalan dan area perumahan). Pada area perumahan, zona yang ada dibagi lagi didasarkan pada jenis pondasi dangkal untuk rumah 2 lantai dan 3 lantai. Bentuk pondasi dangkal yang dianalisis adalah pondasi telapak beton dan pondasi menerus dari batu kali.

Dari hasil analisis yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini, ada 8 zona pada Peta-1 (peta didasarkan pada elevasi muka tanah dan ketebalan tanah lunak). Dalam Peta-2, masing – masing zona pada Peta-1 dibagi lagi mejadi 2 subzona yang didasarkan pada tinggi timbunan (beban preloading) untuk area perumahan dan area jalan sehingga dihasilkan 12 zona. Area perumahan dibagi lagi menjadi sub-sub-zona (dalam Peta-3) yang didasarkan pada tipe pondasi dangkal untuk rumah 2 lantai dan 3 lantai. Selain peta yang telah dibuat, hasil analisis menunjukkan bahwa pondasi telapak lebih murah jika dibandingkan penggunaan pondasi menerus batu kali.

Kata Kunci : Zonasi, Pakuwon City, Prefabricated Vertical Drain (PVD), Preloading, Pondasi Dangkal

ZONING DESIGN OF SOIL IMPROVEMENT AND SHALLOW FOUNDATION IN PAKUWON CITY RESIDENCE, SURABAYA

Name of Student : Safitri Nur Wulandari
Student's Number : 3113100032
Department : Teknik Sipil FTSP ITS
Supervisor I : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
Supervisor II : Putu Tantri Kumala Sari S.T., M.T.

ABSTRACT

Pakuwon City area's of $\pm 526,80$ Hectars is located on the soft soils area. On that location, 2 types of housing will be built, 2 floors-level and 3 floors-level, and the road for transportation facilities will be built, too. In this planning process, Pakuwon City will improve the soft soils with preloading and prefabricated vertical drain (PVD) method to reduce the soil's settlement, so for the next construction, deep foundation is doesn't needed. Therefore, the types of foundation that will be applied in the location is shallow foundation. Embankment implementation and PVD installation will be done at the same time for all areas, and for the construction of housing, it will be done step by step appropriate the planning's method.

In order to facilitate the process of construction: PVD installation, preloading height, and shallow foundation dimension, will be planned to make a map which the grouping is based on the land elevation and soft soils deepness (Map-1), the height of preloading embankment (Map-2), and the types of shallow foundation (Map-3). Beside of that, analysis will be done to get the most economical types of shallow foundation.

Planning is done in Grand Island kompleks especially in Santiago Rosa and Virgin Gorda with the total area is ± 60 Hectars. In order to make the Map-1, land elevation that has the differences between 1 – 1,5 m will be grouped in one zona; in each zona the soft soil's depth is made average. So, in each zona,

the elevation of land's average and the depth of soft soil's average will be different. Each zona will be divided to sub-zona based on the load of preloading embankment (road area and housing area). In the housing area, zona will be divided again based on types of foundation for 2 floors-house and 3 floors-house. The types of foundation that is analyzed are concrete-square footing and river stone-continous footing.

The result of the analysis that has been done in this Theses, there are 8 zonas in Map-1 (map is based on the elevation of ground face and the depth of soft soils). In Map-2, each zona in Map-1 is divided again become two sub-zona that is based on load of preloading for residence area and road area so it's become 12 zonas. Housing or residence area is divided again become sub-sub-zona (Map-3) that is based on the types of shallow foundation for 2 floors-house and 3 floors-house, and the result is 13 zonas. Beside of the map, analysis result is shown that concrete-square footings more economical than river stone-continous footing .

Keywords : Zoning, Pakuwon City, Prefabricated Vertical Drain (PVD), Preloading, Shallow Foundation

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat limpahan rahmat hidayahNya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Perencanaan Zonasi Perbaikan Tanah dan Pondasi Dangkal pada Perumahan Pakuwon City, Surabaya”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Teknik di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini, baik berupa bimbingan, semangat, maupun dukungan finansial yang telah diberikan kepada penulis. Khususnya kepada:

1. Prof. Ir. Noor Endah M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar telah memberikan bimbingan dan ilmunya kepada penulis
2. Putu Tantri Kumala Sari S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi bimbingan dan banyak masukan demi kesempurnaan tugas akhir ini
3. Orangtua penulis, Irawati dan Ririt Budi Sasyono, atas segala dukungan yang telah diberikan kepada penulis.
4. Dosen – dosen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan pengajaran mulai tahun pertama perkuliahan hingga terselesaikannya tugas akhir ini
5. Adik – adik penulis, Ami Retno Larasati, Arief Muaz Sidik, dan Fatimah Dian Apsari yang selalu memberi semangat kepada penulis.
6. Teman – teman seperjuangan, S1 Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya angkatan 2013 yang selalu menjadi tempat berbagi suka cita, dan pengalaman

Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat, tak hanya bagi penulis tetapi juga bagi semua pihak. Dengan senang hati, penulis akan menerima kritik dan saran yang membangun. Semoga kritik dan saran dapat menjadi bekal dan pertimbangan selanjutnya.

Akhir kata, semoga seluruh usaha, doa, ilmu, serta fasilitas yang telah diberikan merupakan amal kebaikan yang akan dibalas oleh Allah SWT.

Surabaya, 31 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
<i>TITTLE PAGE</i>	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Tugas Akhir	4
1.4. Manfaat dari Tugas Akhir	5
1.5. Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanah Lunak	7
2.2 Pemampatan (<i>Settlement</i>)	8
2.2.1 Konsolidasi Tanah Lunak	8
2.2.2 Waktu Konsolidasi	10
2.3 Metode Preloading	13
2.3.1 Distribusi Tegangan	13
2.3.2 Penentuan Tinggi Timbunan Awal – Akhir	17
2.3.3 Stabilitas Timbunan	20
2.4 Percepatan Pemampatan menggunakan PVD	20
2.4.1 Fungsi <i>Vertical Drain</i>	20
2.4.2 Waktu Konsolidasi	22
2.4.3 Timbunan Bertahap dan Besar Pemampatan	25
2.4.4 Kenaikan Daya Dukung Tanah	26
2.5 Perencanaan Geotextile	27
2.6 Pondasi Dangkal	30
2.5.1 Beban Atas Pondasi	34
2.5.2 Tanah Berlapis (tanah keras diatas tanah lunak)	35

2.5.3	Pondasi Batu Kali	40
2.5.4	Pondasi Telapak dari Beton Bertulang	41
BAB III	METODOLOGI	43
3.1.	Diagram Alir Perencanaan	43
3.2.	Penjadwalan Pengerjaan Tugas Akhir	47
BAB IV	DATA PERENCANAAN	49
4.1.	Masterplan dan Lokasi Perencanaan	49
4.2.	Data Tanah Dasar	50
4.3.	Denah Bangunan	50
BAB V	ANALISIS DAN PERENCANAAN	53
5.1.	Perencanaan Pembagian Area (Zoning) berdasarkan Elevasi Tanah.....	53
5.1.1.	Elevasi Muka Tanah di Wilayah Perencanaan	53
5.1.2.	Zoning berdasarkan Elevasi Tanah.....	54
5.2.	Perencanaan Zoning Perbaikan Tanah (<i>Preloading</i> dan PVD) berdasarkan Kondisi Tanah	56
5.2.1.	Analisis Kondisi Tanah	57
5.2.2.	Pra-desain <i>Zoning</i> Perbaikan Tanah	62
5.2.3.	Distribusi Tegangan akibat Beban.....	64
5.2.4.	Perhitungan Besar Pemampatan (Sc).....	66
5.2.5.	Penentuan H _{inisial} – H _{final}	68
5.2.6.	Kontrol Stabilitas Timbunan	71
5.2.7.	Perencanaan Vertikal Drain (PVD)	73
5.2.8.	Kontrol Efektivitas Vertikal Drain (PVD).....	81
5.2.9.	Peningkatan Daya Dukung Tanah	83
5.2.10.	Perencanaan Perkuatan Lereng (Geotextile)	85
5.2.11.	<i>Zoning</i> Perbaikan Tanah.....	89
5.3.	Perencanaan Zoning Dimensi Pondasi Dangkal	92
5.3.1.	Perhitungan Beban Struktur Atas	93
5.3.1.1.	Pondasi Telapak.....	93
5.3.1.2.	Pondasi Batu Kali	100
5.3.2.	Perhitungan Dimensi Pondasi.....	102
5.3.2.1.	Pondasi Telapak.....	103
5.3.2.2.	Pondasi Batu Kali	106
5.3.3.	Analisis Biaya Pondasi Telapak dan Batu Kali	109

5.3.4.	Perhitungan Kontrol Pemampatan Pondasi	112
5.3.5.	<i>Zoning</i> Dimensi Pondasi Dangkal	116
BAB VI	KESIMPULAN	119
	DAFTAR PUSTAKA.....	123
	LAMPIRAN	125
	BIODATA PENULIS.....	209

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Kawasan Pakuwon City.....	2
Gambar 1.2.	Masterplan Pakuwon City, Surabaya	3
Gambar 2.1.	Kurva faktor pengaruh I untuk beban timbunan ..	14
Gambar 2.2.	Kurva faktor pengaruh I untuk beban persegi.....	16
Gambar 2.3.	Kedudukan Timbunan Saat Mengalami Pemampatan	17
Gambar 2.4.	Kondisi 1	18
Gambar 2.5.	Kondisi 2	18
Gambar 2.6.	Pembagian Zona Kekuatan Tanah.....	20
Gambar 2.7.	Konsolidasi Arah Vertikal.....	22
Gambar 2.8.	Konsolidasi Arah Radial	22
Gambar 2.9.	Pola Pemasangan PVD Bujursangkar	23
Gambar 2.10.	Pola Pemasangan PVD Segitiga	24
Gambar 2.11.	Diameter Lingkaran Ekuivalen untuk PVD.....	25
Gambar 2.12.	Sketsa pemasangan geotextile	29
Gambar 2.13.	Jenis – jenis keruntuhan tanah akibat beban, a) general shear, b) local shear, dan c) punching shear	31
Gambar 2.14.	Skema kapasitas daya dukung tanah untuk berbagai jenis keruntuhan umum yang digunakan Terzaghi	33
Gambar 2.15.	Pondasi kaku menerus pada tanah berlapis, tanah keras diatas tanah lunak.....	35
Gambar 2.16.	Pondasi kaku menerus pada tanah berlapis dengan H/B relatif kecil.....	36
Gambar 2.17.	Kurva variasi K_s dengan ϕ_1 dan q_2/q_1 berdasarkan teori Meyerhof dan Hanna.....	37
Gambar 2.18.	Efek lokasi muka air tanah terhadap daya dukung pondasi (a) kasus 1, (b) kasus 2, (c) kasus 3	39
Gambar 2.19.	Kurva hubungan c_a/c_1 dengan c_2/c_1 berdasarkan teori Meyerhof dan Hanna.....	40
Gambar 3.1.	Diagram alir penulisan tugas akhir.....	44

Gambar 4.1.	Lokasi perencanaan zonasi perbaikan tanah dan pondasi dangkal	49
Gambar 4.2.	Lokasi titik bore hole data tanah asli	50
Gambar 4.3.	Masterplan bangunan di kompleks Santiago Rosa dan Virgin Gorda.....	51
Gambar 5.1.	Pradesain zonasi berdasarkan elevasi tanah dasar	54
Gambar 5.2.	Peta pembagian area (zonasi) berdasarkan elevasi tanah dasar	56
Gambar 5.3.	Pemetaan statigrafi terhadap titik BH.....	57
Gambar 5.4.	Stratigrafi zona 1	58
Gambar 5.5.	Stratigrafi zona 2	59
Gambar 5.6.	Stratigrafi zona 3	59
Gambar 5.7.	Stratigrafi zona 4	60
Gambar 5.8.	Stratigrafi zona 5 dan 8	60
Gambar 5.9.	Stratigrafi zona 6	61
Gambar 5.10.	Stratigrafi zona 7.....	61
Gambar 5.11.	Pra-desain zonasi perbaikan tanah dasar	63
Gambar 5.12.	Pra desain zonasi perbaikan tanah	64
Gambar 5.13.	Hubungan antara H_{final} dengan $H_{inisial}$ zona 6.1.	70
Gambar 5.14.	Hubungan antara H_{final} dengan Sc zona 6.1.	70
Gambar 5.15.	Geometri timbunan di zona 6.1. di tepi laguna.....	72
Gambar 5.16.	Pemampatan (Sc) akibat beban bertahap PVD sedalam tanah lunak	81
Gambar 5.17.	Pemampatan (Sc) akibat beban bertahap PVD sedalam 15m.....	82
Gambar 5.18.	Peta-1 (Elevasi tanah dasar, H_{final} , Perencanaan PVD).....	91
Gambar 5.19.	Peta-2 ($H_{inisial}$ dan tahap penimbunan).....	92
Gambar 5.20.	Pra desain zonasi pondasi	92
Gambar 5.21.	Pondasi tipe brazza	94
Gambar 5.22.	Denah pondasi tipe brieva	95
Gambar 5.23.	Denah pondasi tipe blanca	95
Gambar 5.24.	Denah pondasi tipe compton	96
Gambar 5.25.	Denah pondasi tipe licoln	96
Gambar 5.26.	Denah pondasi tipe westmont	97

Gambar 5.27. Denah pondasi menerus tipe blanca	100
Gambar 5.28. Tampak samping pondasi telapak.....	103
Gambar 5.29. Geometri Perencanaan Pondasi Telapak $B = 1,5$ di zona 6.2a	106
Gambar 5.29. Geometri Perencanaan Pondasi Menerus $B = 0,8$ di zona 6.2a	109
Gambar 5.30. Peta-3 (pembagian zona berdasarkan jenis dan dimensi pondasi dangkal).....	117

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Konsistensi Tanah Dominan Lanau dan Lempung ...	7
Tabel 2.2.	Konsistensi Tanah Lempung berdasarkan hasil sondir	8
Tabel 2.3.	Variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi (Braja M. Das, 1985)	11
Tabel 2.4.	Nilai - nilai numerik parameter tanah untuk $G_s = 2,70$ (Biarez & Favre)	11
Tabel 2.5.	Kapasitas Daya Dukung berbagai Jenis Pondasi	33
Tabel 2.6.	Kapasitas Daya Dukung berbagai Jenis Pondasi (Meyerhof, 1993)	34
Tabel 2.7.	Faktor Bentuk (Braja M. Das, 1999)	38
Tabel 5.1.	Rekapitulasi Perhitungan Elevasi Tanah Dasar	55
Tabel 5.2.	Rekapitulasi Perhitungan H final	55
Tabel 5.3.	H inisial, S_c , dan H final untuk timbunan bervariasi pada Zona 6.1	69
Tabel 5.4.	Rekapitulasi H inisial dan S_c perencanaan pada Setiap Zona (Zona 1 – Zona 4)	71
Tabel 5.5.	Rekapitulasi H inisial dan S_c perencanaan pada Setiap Zona (Zona 5 – Zona 6)	71
Tabel 5.6.	Data Tanah <i>Compressible</i> berdasarkan Data Tanah Zona 6	74
Tabel 5.7.	Pemampatan yang Terjadi pada Umur Rencana Jalan (Tinggi timbunan = 4,021 m)	76
Tabel 5.8.	Perhitungan Faktor Hambatan PVD untuk Pola Pemasangan Segitiga	77
Tabel 5.9.	Perhitungan Faktor Hambatan PVD untuk Pola Pemasangan Segiempat	78
Tabel 5.10.	Derajat Konsolidasi Total Pola Pemasangan Segitiga dengan Jarak (S) = 0,80 m	79
Tabel 5.11.	Perubahan nilai C_u pada minggu ke 24	84
Tabel 5.12.	Perubahan Nilai C_u di Semua Zona Pada Akhir Minggu Ke 24	85

Tabel 5.13.	Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh Geotextile dan Panjang Geotextile yang Dibutuhkan.....	88
Tabel 5.14.	Hasil Perhitungan Kebutuhan PVD, H inisial, Hfinal pada Setiap Zona (Zona 1 – Zona 4).....	89
Tabel 5.15.	Hasil Perhitungan Kebutuhan PVD, H inisial, Hfinal pada Setiap Zona (Zona 5 – Zona 8).....	90
Tabel 5.16.	Rekapitulasi Qult yang diterima pondasi dengan dimensi pondasi bervariasi.....	99
Tabel 5.17.	Tegangan dasar pondasi menerus pada masing – masing joint pondasi rumah tipe Blanca dengan nilai $B = 0,8 \text{ m}$ dan $D_f = 0,9 \text{ m}$	102
Tabel 5.18.	RAB Kontruksi Pondasi Menerus untuk Satu Bangunan Rumah Tipe Blanca	110
Tabel 5.19.	RAB Konstruksi Pondasi Telapak untuk Satu Bangunan Rumah Tipe Blanca	111
Tabel 5.20.	Differential Settlement yang terjadi pada setiap tipe pondasi dengan dimensi pondasi, $B = 1,5 \text{ m}$	115
Tabel 5.21.	Hasil Perhitungan Kebutuhan PVD, H inisial, Hfinal pada Setiap Zona (Zona 1 – Zona 4).....	116
Tabel 5.22.	Hasil Perhitungan Kebutuhan PVD, H inisial, Hfinal pada Setiap Zona (Zona 5 – Zona 8).....	116
Tabel 6.1.	Rekapitulasi Hasil Perencanaan Zona 1 – Zona 4.	120
Tabel 6.2.	Rekapitulasi Hasil Perencanaan Zona 1 – Zona 4.	121

BAB I

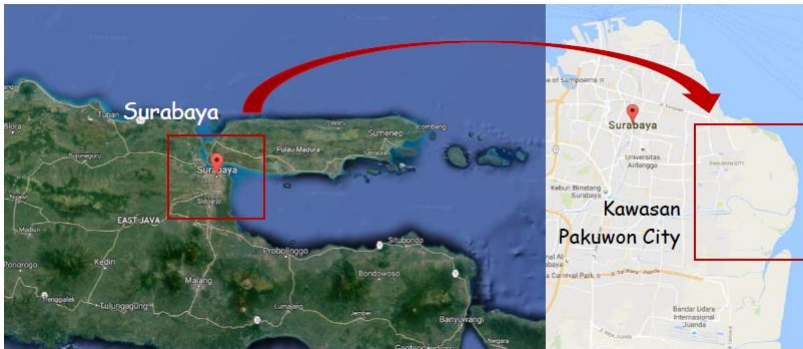
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dengan laju pertumbuhan penduduk rata – rata sebesar 1,49% setiap tahunnya. Menurut data Badan Pusat Statistik (2016), jumlah penduduk indonesia pada tahun 2010 sebesar 238,518 juta jiwa, sedangkan pada tahun 2015 mengalami peningkatan menjadi 255,461 juta jiwa. Peningkatan tersebut menyebabkan pembangunan perumahan di Indonesia juga semakin meningkat. Pembangunan perumahan, seiring dengan perkembangan gaya hidup masyarakat, juga mempertimbangkan berbagai faktor untuk memenuhi kenyamanan penghuni kompleks perumahan. Hal ini dituangkan dalam konsep *One Stop Living* atau Kota Mandiri. Konsep *One Stop Living* menuntut penyedia hunian (*developer*) untuk mampu menyediakan berbagai fasilitas yang dibutuhkan. Konsep ini juga diterapkan pada salah satu kompleks hunian di surabaya yaitu kawasan Pakuwon City.

Pakuwon City merupakan kawasan kota mandiri yang berlokasi di kelurahan Kejawan Putih Tambak, Kalisari, Keputih dan Dukuh Sutorejo; kecamatan Sukolilo dan Mulyorejo; Surabaya Timur (Gambar 1.1). Pakuwon City berada diatas lahan bekas tambak atau rawa yang tidak produktif dengan luas lahan $\pm 526,80$ Ha. Kawasan tersebut memiliki ketinggian 2,2 – 3,4 meter di atas permukaan air laut dan kemiringan mencapai 0-3 % (Pakuwon Report, 2016). Pakuwon City dirancang menjadi kawasan dinamis yang tanggap terhadap pertumbuhan suatu wilayah. Berbagai jenis bangunan dibangun pada kompleks perumahan ini antara lain adalah sekolah, universitas, pertokoan, mall, apartement, area komersial, dan perumahan dengan tipe yang berbeda – beda. Letak dari bangunan tersebut disesuaikan dengan sifat bangunan yang dimiliki. Area perniagaan dan kuliner yang merupakan bangunan berfasilitas publik terletak didekat pintu utama Pakuwon City yaitu bersebelahan dengan kantor

pengelola. Area pendidikan terletak tidak jauh dari perniagaan namun terdapat satu sekolah yang terletak dekat kawasan perumahan. Fasilitas tersebut terbagi dalam beberapa zona. Hanya saja di dalam satu zona tidak selalu terdapat fasilitas komersial, perniagaan dan pendidikan karena sebagian besar merupakan kawasan perumahan (Gambar 1.2).



Gambar I.1 Lokasi Kawasan Pakuwon City

sumber: google maps, 2016

Kawasan perumahan Pakuwon City terdiri dari bangunan yang tingginya minimum 2 lantai, dengan tipe dan luasan yang berbeda pada setiap kompleksnya. Perbedaan tersebut berpengaruh terhadap ukuran dan jenis pondasi yang akan digunakan; dan untuk menentukan jenis pondasi pada setiap zona perlu dilakukan analisis terhadap kondisi tanah dasar. Kondisi tanah di kawasan ini merupakan tanah lunak (*soft soils*) dengan $NSPT < 15$ hingga kedalaman ± 20 m. Tanah lunak di setiap lokasi memiliki kedalaman yang berbeda – beda sehingga dibutuhkan suatu analisa pengelompokan terhadap kondisi tanah dasar tersebut. Supaya pembangunan perumahan dapat dilakukan di seluruh lokasi perumahan dan menghindari adanya *differential settlement*, maka diperlukan perbaikan tanah dasar di kawasan perumahan Pakuwon City. Saat ini perbaikan tanah yang diterapkan di kawasan tersebut adalah penggunaan PVD dan

preloading. Oleh sebab itu, pengelompokan terhadap perbaikan tanah juga diperlukan untuk memudahkan pengerjaan konstruksi pondasi selanjutnya.



Gambar I.2. Masterplan Pakuwon City, Surabaya

sumber: pakuwon report, 2016

Konstruksi pondasi yang diterapkan pada rumah – rumah di Pakuwon City umumnya menggunakan pondasi tiang pancang. Konstruksi pondasi rumah tinggal 2 lantai dapat menggunakan pondasi dangkal apabila tanah dasar telah dilakukan perbaikan.

Beberapa jenis pondasi yang dapat diterapkan antara lain pondasi tapak (*pad foundation*) dan pondasi batu kali menerus. Kedua jenis pondasi tersebut merupakan pondasi yang cukup ekonomis sehingga perlu dibandingkan pondasi mana yang paling optimal untuk diterapkan pada masing – masing tipe rumah tinggal. Perbedaan tipe rumah tinggal menyebabkan perbedaan beban yang diterima pondasi sehingga dimensi pondasi juga berbeda – beda. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini selain membahas tentang kondisi tanah dasar dan perencanaan zonasi perbaikan tanah, juga akan membahas tentang kebutuhan dan zonasi pondasi dangkal pada pembangunan kawasan perumahan Pakuwon City, Surabaya untuk meningkatkan nilai ekonomis bangunan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana kondisi tanah dasar di kawasan Pakuwon City, Surabaya?
2. Bagaimana zoning perbaikan tanah berdasarkan elevasi tanah, kondisi tanah, serta beban yang akan diterima oleh tanah?
3. Bagaimana analisis penggunaan jenis pondasi dangkal berdasarkan beban yang akan diterima salah satu zona?
4. Bagaimana zoning dimensi pondasi dangkal berdasarkan beban yang diterima oleh pondasi?

1.3. Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka tujuan penulisan tugas akhir ini adalah menghasilkan peta zonasi perbaikan tanah dan pondasi dangkal berdasarkan elevasi tanah, kondisi tanah, dan beban bangunan (jumlah tingkat dan luas bangunan standar) pada perumahan Pakuwon City, Surabaya.

1.4. Manfaat dari Tugas Akhir

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menghasilkan peta zoning berdasarkan elevasi muka tanah, perbaikan tanah, dan jenis pondasi dangkal untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan
2. Menekan harga konstruksi pondasi sehingga dapat menghasilkan desain pondasi ekonomis
3. Menjadi referensi dalam perencanaan pengembangan Pakuwon City kedepannya

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah “Perencanaan Zonasi Perbaikan Tanah dan Pondasi Dangkal pada Perumahan Pakuwon City, Surabaya” pada tugas akhir ini adalah:

1. Metode perbaikan tanah yang digunakan adalah metode *preloading* dan PVD
2. Zoning perbaikan hanya dilakukan pada daerah Grand Island khususnya Santiago Rosa dan Virgin Gorda
3. Pondasi dangkal menggunakan pondasi tapak (*pad foundation*) dan pondasi batu kali menerus (*continous foundation*)
4. Perencanaan zoning pondasi dangkal hanya dilakukan dengan memilih salah satu jenis pondasi yang paling optimal dari segi biaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lunak

Tanah lunak dibagi menjadi 2 (dua) tipe, yaitu lempung lunak (soft clay) dan gambut (*peat*). Tanah lunak menempati area > 20 juta hektar atau > 10% dari tanah daratan di Indonesia, termasuk Surabaya (Braja M Das, 2006). Karakteristik tanah lempung lunak adalah sebagai berikut:

1. Daya dukung relatif rendah.
2. Pemampatan relatif besar dan berlangsung relatif lama.

Pembangunan konstruksi bangunan diatas tanah lempung lunak dapat menyebabkan beberapa permasalahan yaitu:

1. Beban bangunan yang mampu dipikul oleh tanah dasar relatif terbatas.
2. Bangunan akan mengalami penurunan yang relatif besar dan berlangsung relatif lama.
3. Bangunan sekitar lokasi pembangunan akan berpotensi mengalami gangguan

Tabel II.1. Konsistensi Tanah Dominan Lanau dan Lempung

Konsistensi Tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran Harga SPT, harga N
	kPa	Ton/m ²	
Sangat lunak (very soft)	0 - 12,5	0 - 1,25	0 - 2,5
Lunak (soft)	12,5 - 25	1,25 - 2,5	2,5 - 5
Menengah (medium)	25 - 50	2,5 - 5	5 - 10
Kaku (stiff)	50 - 100	5 - 10	10 - 20
Sangat kaku (very stiff)	100 - 200	10 - 20	20 - 40
Keras (hard)	> 200	> 20	> 40

sumber: Braja M. Das, 2006

Tabel II.2. Konsistensi Tanah Lempung berdasarkan hasil sondir

Konsistensi Tanah	Conus resistance, qc	Friction Rasio, FR
	kg/cm²	%
Sangat lunak (very soft)	< 5	3,5
Lunak (soft)	5 - 10	3,5
Menengah (medium)	10 - 35	4,0
Kaku (stiff)	30 - 60	4,0
Sangat kaku (very stiff)	60 - 120	6,0
Keras (hard)	> 120	6,0

sumber: Terzaghi and Peck, 1984

2.2 Pemampatan (*Settlement*)

2.2.1 Konsolidasi Tanah Lunak

Pemampatan diakibatkan oleh penambahan beban di atas suatu permukaan tanah (Braja M Das, 2006). Secara umum, penurunan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Penurunan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.
2. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari penurunan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori – pori tanah
3. Penurunan sekunder (*secondary settlement*), merupakan penurunan yang terjadi setelah penurunan konsolidasi, terjadi sangat lama setelah beban mulai bekerja yaitu saat partikel tanah mengalami creep.

Penurunan total dari tanah berbutir halus yang jenuh ialah jumlah dari penurunan segera, penurunan konsolidasi primer, dan

penurunan konsolidasi sekunder. Bila dinyatakan dalam bentuk persamaan, penurunan total adalah (Hardiyatmo, 2002):

$$S_t = S_i + S_c + S_s$$

Dengan,

S_t = Penurunan total

S_i = Penurunan segera

S_c = Penurunan akibat konsolidasi primer

S_s = Penurunan akibat konsolidasi sekunder

Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan air pori akan naik secara mendadak. Jika tanah lempung jenuh air yang mampu mampat (*compressible*) diberi penambahan tegangan, maka penurunan (*settlement*) akan terjadi dengan segera. Koefisien rembesan lempung sangat kecil jika dibandingkan dengan koefisien rembesan pasir. Sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang dengan waktu yang sangat lama. Supaya hal tersebut dapat berlangsung lebih cepat maka perlu dilakukan perbaikan tanah (Braja M. Das, 2006)

Ada dua jenis penurunan konsolidasi, yaitu konsolidasi normal (Normally Consolidated, NC), dan konsolidasi berlebih (Over Consolidated, OC). Berdasarkan teori Terzaghi (1942), tentang konsolidasi satu dimensi, penurunan konsolidasi primer untuk konsolidasi normal (NC Soil) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_o} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Sedangkan OC soil menggunakan persamaan berikut:

1. Bila $\sigma'_o + \Delta\sigma < \sigma'_c$

$$S_c = C_s \frac{H}{1+e_o} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Bila $\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma'_c$

$$S_c = C_s \frac{H}{1+e_o} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} + C_c \frac{H}{1+e_o} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk perhitungan tegangan *preconsolidation* digunakan perumusan:

$$\sigma'_c = \sigma'_o + (H_{fluktuatif} \times \gamma_w) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

- Sc = Penurunan konsolidasi primer (m)
- Δe = Perubahan angka pori
- eo = Angka pori awal
- H = Tebal lapis tanah (m)
- C_c = Indeks pemampatan
- C_s = Indeks pemampatan kembali
- $\Delta \sigma$ = Tambahan tegangan akibat beban (kN/m²)
- σ'_c = Tegangan prakonsolidasi (kN/m²)
- σ'_o = Tegangan overburden (kN/m²)

2.2.2 Waktu Konsolidasi

Kecepatan penurunan konsolidasi didapat dari penurunan matematis yang diperkenalkan oleh Terzaghi (1925) dengan asumsi-asumsi tetap berpegang kepada teori konsolidasi satu dimensi, yaitu:

$$t = \frac{T_v(\text{time factor}) \times h^2}{C_v} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan untuk mencari nilai U_v antara 0 – 60% adalah:

$$U_v = 2 \times \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Sedangkan untuk $U_v > 60\%$,

$$U_v = (100 - a)\% ; a = 10^{\left(\frac{1,781 - T_v}{0,933}\right)} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan :

- T_v = faktor waktu tergantung dari derajat konsolidasi.
- U_v = derajat konsolidasi vertikal
- C_v = koefisien konsolidasi
- t = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi $U\%$ (dtk)
- h = tebal lapisan tanah (m)

Tabel II.3. Variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi
(Braja M. Das, 1985)

Derajat Konsolidasi	Faktor Waktu
U%	T_v
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,287
70	0,403
80	0,567
90	0,848
100	~

Apabila nilai C_v tidak diketahui maka digunakan C_v yang diperoleh dari tabel berikut:

Tabel II.4. Nilai - nilai numerik parameter tanah untuk $G_s = 2,70$
(Biarez & Favre)

Sifat Tanah		γ_d	e	n	ω_{sat}	γ_{sat}	C_v
		g/cm^3			%	g/cm^3	cm^2/s
Silt, Clay	lunak	0,5	4,40	0,80	163,00	1,31	10^{-5}
		0,6	3,50	0,78	129,60	1,38	10^{-5}
		0,7	2,86	0,74	105,80	1,44	1×10^{-4}
		0,8	2,38	0,70	88,00	1,50	2×10^{-4}
		0,9	2,00	0,67	74,10	1,57	3×10^{-4}

	rata - rata	1,0	1,70	0,63	63,00	1,63	5×10^{-4}
		1,1	1,45	0,59	53,90	1,69	6×10^{-4}
		1,2	1,25	0,56	46,30	1,76	7×10^{-4}
		1,3	1,08	0,52	39,90	1,82	8×10^{-4}
		1,4	0,93	0,48	34,40	1,88	9×10^{-4}
Gravel, Sand	sand	1,5	0,80	0,44	29,60	1,94	10^{-3}
		1,6	0,69	0,41	25,50	2,04	10^{-3}
		1,7	0,59	0,37	21,80	2,07	10^{-3}
		1,8	0,50	0,33	18,50	2,13	10^{-2}
		1,9	0,42	0,30	15,60	2,20	10^{-2}
	gravel	2,0	0,35	0,26	13,00	2,26	10^{-1}
		2,1	0,29	0,22	10,60	2,32	10^{-1}
		2,2	0,23	0,19	8,40	2,39	10^{-1}
		2,3	0,17	0,15	6,40	2,45	10^{-1}
		2,4	0,13	0,11	4,63	2,51	10^{-1}
		2,5	0,08	0,07	2,96	2,57	10^{-1}
		2,6	0,04	0,04	1,42	2,64	10^{-1}
		2,7	0,00	0,00	0,00	2,70	10^{-1}

Jika lapisan tanah homogen dan mempunyai beberapa nilai Cv, maka harga Cv yang digunakan dalam perencanaan adalah harga Cv rata – rata.

$$Cv \text{ rata - rata} = \frac{H^2}{(\frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}} + \frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}} + \dots + \frac{H_i}{\sqrt{Cv_i}})^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Sedangkan nilai Tv dihitung dengan perumusan berikut:

1. Untuk $U \leq 60\%$

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U\%}{100} \right)^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

2. Untuk $U > 60\%$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - U\%) \dots\dots\dots (2.10)$$

2.3 Metode Preloading

Metode preloading merupakan salah satu metode perbaikan tanah yang umum dipakai pada tanah-tanah yang mengalami penurunan yang besar bila dibebani. Preloading dilakukan sebelum konstruksi dibangun. Preloading dapat dianggap selesai jika penurunan konsolidasi yang terjadi minimal sama dengan penurunan konstruksi yang diakibatkan beban rencana.

Ada berbagai macam jenis preloading yaitu :

- Surchage, dilakukan dengan cara pemberian beban sementara diatas permukaan tanah dasar tempat konstruksi akan dibangun. Bentuk beban sementara berupa timbunan / tanah urug, blok beton dan water tank.
- Dewatering, beban preloading diperoleh dengan cara menurunkan muka air tanah.
- Vacuuming

Sistem pemberian beban preloading ada dua, yaitu secara bertahap dan sistem counter weight. Pemilihan sistem pembebanan tersebut didasarkan pada daya dukung tanah dasar dalam bentuk memikul beban. (Braja M. Das, 1995)

2.3.1 Distribusi Tegangan

Beban yang ada di muka tanah akan di distribusikan kedalam lapisan tanah, beban – beban yang terjadi di muka tanah dapat berupa:

1. Beban Timbunan

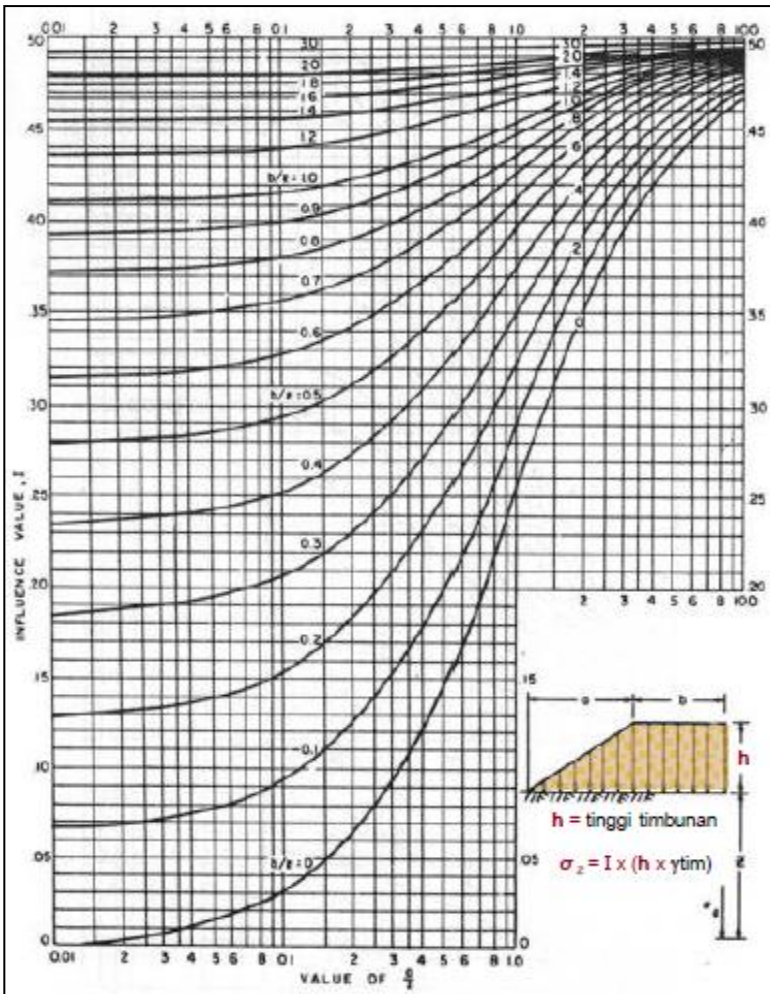
Perhitungan distribusi tegangan akibat beban *embankment* menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta\sigma = \sigma_z = 2 \times I \times q \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

q = Tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa timbunan

I = Faktor pengaruh (*influence factor*) yang ditentukan dari kurva (NAVFAC DM-7, 1970) pada Gambar 2.1



Gambar II.1. Kurva faktor pengaruh I untuk beban timbunan
sumber: NAVFAC DM-7, 1970

2. Beban Persegi

Distribusi tegangan akibat beban persegi contohnya adalah beban jalan. Distribusi beban tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta\sigma = \sigma_z = 4 \times I \times q \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

q = beban terbagi rata diatas luasan

I = Faktor pengaruh (*influence factor*) yang ditentukan dari kurva (NAVFAC DM-7, 1970) pada Gambar 2.2.

3. Beban Pondasi

Perhitungan distribusi tegangan total pada pondasi merupakan penjumlahan tegangan pada masing – masing pondasi. Distribusi tegangan pondasi dihitung dengan menggunakan persamaan (Braja M. Das, 1999):

$$\Delta p = q \times [I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_4] \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

q = Beban terbagi rata yang terjadi pada dasar pondasi

I = Faktor pengaruh (*influence factor*) yang ditentukan dengan persamaan

$$I = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \left(\frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} \right) \right] + \tan^{-1} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 - n^2 - m^2n^2 + 1} \right)$$

Nilai m dan n dihitung dengan persamaan berikut,

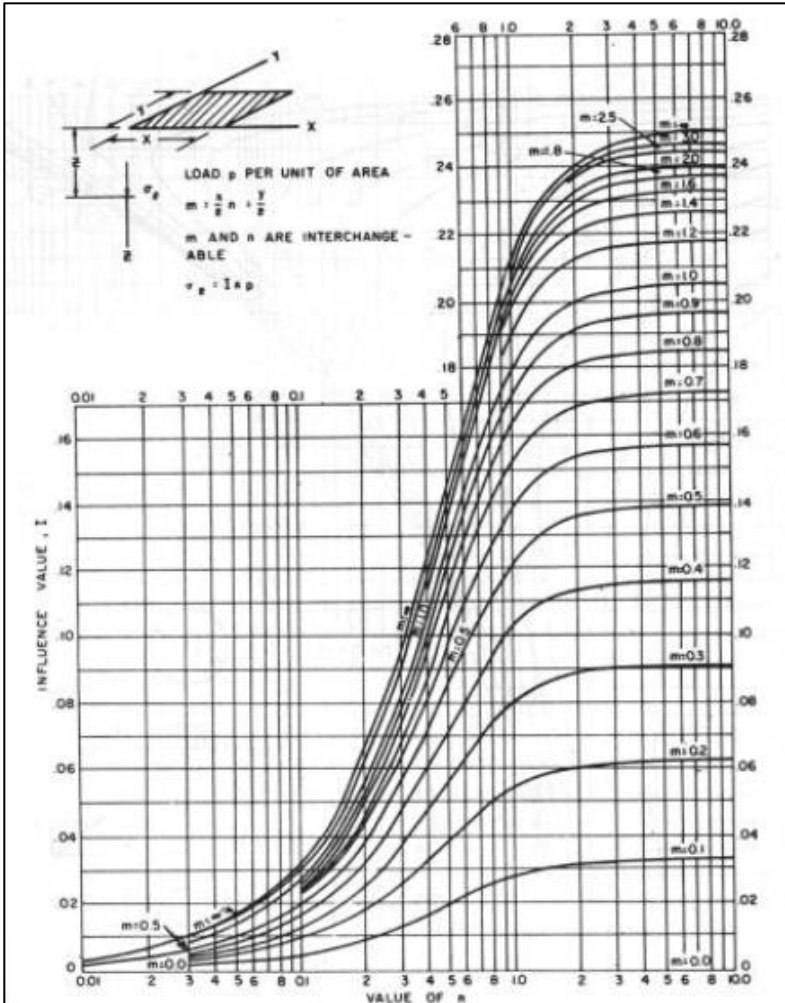
$$m = \frac{B}{z} ; \quad n = \frac{L}{z}$$

Dimana:

B = lebar pondasi (m)

L = panjang pondasi (m)

Z = jarak dari dasar pondasi ke tengah lapisan tanah yang ditinjau(m)

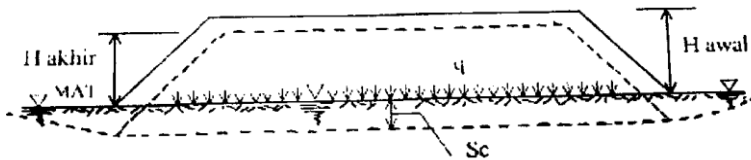


Gambar II.2. Kurva faktor pengaruh I untuk beban persegi
sumber: NAVFAC DM-7, 1970

2.3.2 Penentuan Tinggi Timbunan Awal – Akhir

Tinggi timbunan awal dan akhir dihitung dengan menggunakan perumusan (Mochtar, 2012),

$$q = H_{awal} \times \gamma_{timbunan}$$



Gambar II.3. Kedudukan Timbunan Saat Mengalami Pemampatan

sumber: Mochtar, 2000

Setelah mengalami konsolidasi Sc maka

$$H_{akhir} = H_{awal} - Sc$$

$$q_{akhir} = H_{akhir} \times \gamma_{timbunan} + Sc (\gamma_{sat\ timb} - \gamma_w)$$

$$q_{akhir} = q$$

$$= (H_{awal} - Sc) \times \gamma_{timbunan} + Sc (\gamma_{sat\ timb} - \gamma_w)$$

$$q = H_{awal} \times \gamma_{timbunan} - Sc \times \gamma_{timb} - Sc \times \gamma'_{timb}$$

$$q = H_{awal} \times \gamma_{timbunan} - Sc (\gamma_{timb} + \gamma'_{timb})$$

Untuk kondisi $\gamma_{sat} \neq \gamma_{timbunan}$

$$H_{awal(i)} = [q_{(i)} + Sc_{(i)} (\gamma_{sat\ timb} - \gamma_w)] / \gamma_{timb}$$

Untuk kondisi $\gamma_{sat} = \gamma_{timbunan}$

$$H_{awal(i)} = [q_{(i)} + Sc_{(i)} \gamma_w] / \gamma_{timb}$$

Hubungan antara tinggi timbunan awal dan tinggi timbunan akhir adalah

$$H_{akhir(i)} = H_{awal(i)} - Sc_{(i)} \dots\dots\dots (2.14)$$

Langkah – langkah perhitungan penentuan tinggi timbunan awal adalah sebagai berikut:

1. Membagi lapisan *compressible*

Lapisan *compressible* dibagi menjadi ketebalan yang lebih tipis yaitu setiap 1 meter atau 2 meter untuk memperoleh harga *settlement* yang lebih teliti.

2. Mencari nilai Po' (tegangan overburden) pada lapisan ke i

Nilai Po' ditentukan dengan formula sebagai berikut:

$$Po'_i = (h_{(i-1)} \times \gamma'_{(i-1)}) + (Z_i \times \gamma'_i) \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

h = tebal lapisan tanah tanah ke i

γ' = berat volume tanah efektif

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma'$$

Z = setengah tebal lapisan tanah ke i

3. Mencari nilai Pc' (tegangan pra konsolidasi)

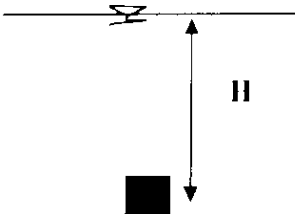
Persamaan untuk menghitung Pc' adalah sebagai berikut:

$$Pc' = Po' + \Delta Pf \dots\dots\dots (2.16)$$

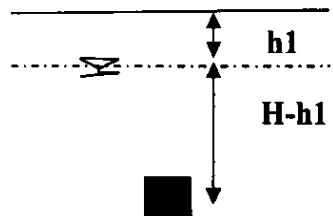
Dimana:

Po' = tegangan overburden

ΔPf = tambahan tegangan yang terjadi pada tanah akibat adanya beban di masa lampau akibat fluktuasi muka air tanah.



Gambar II.4. Kondisi 1



Gambar II.5. Kondisi 2

$$\text{Kondisi 1 : } \sigma' = \gamma' \times H$$

$$\text{Kondisi 2 : } \sigma' = (\gamma_t \times h_1) + (\gamma' \times (H-h_1))$$

$$\Delta\sigma = \text{Kondisi 2} - \text{Kondisi 1}$$

$$\Delta\sigma = (\gamma_t \times h_1) + (\gamma' \times (H-h_1)) - (\gamma' \times H)$$

$$= (\gamma_t - \gamma') \times h_1$$

$$= (\gamma_t - (\gamma_{\text{sat}} - \gamma')) \times h_1$$

apabila $\gamma_{\text{sat}} = \gamma_t$, maka,

$$\Delta\sigma = \gamma_w \times h_1$$

$$\Delta P_f = \Delta\sigma = \gamma_w \times h_{\text{fluktuasi}} \dots\dots\dots (2.17)$$

4. Mencari nilai ΔP

ΔP merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah lapisan (Mochtar, 2012). ΔP dapat dicari dengan grafik maupun perhitungan distribusi tegangan akibat beban seperti yang dijelaskan pada subbab sebelumnya..

5. Menghitung *settlement* yang terjadi pada setiap lapisan tanah

Pemampatan yang terjadi pada setiap lapisan tanah dihitung menggunakan persamaan (2.1), (2.2), atau (2.3).

6. Mencari *settlement* total

Settlement total merupakan penjumlahan dari *settlement* setiap lapisan (Mochtar, 2012)

7. Menentukan grafik *settlement* dan H inisial berdasarkan *settlement* akibat h timbunan bervariasi

Grafik *settlement* dan H inisial dihasilkan dengan membuat asumsi H timbunan yang bervariasi sehingga dihasilkan S_c yang bervariasi pula. H inisial dan H final dihitung dengan persamaan berikut:

$$H_{\text{inisial}} = \frac{q_{\text{final}} + (S_c \times (\gamma_{\text{timb}} + \gamma_w - \gamma_{\text{sat}} - \text{timb}))}{\gamma_{\text{timb}}} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$H_{final} = H_{inisial} - Sc \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Grafik *settlement* dan H inisial akan menghasilkan persamaan regresi yang digunakan untuk menentukan H inisial, H final, dan Sc perencanaan.

2.3.3 Stabilitas Timbunan

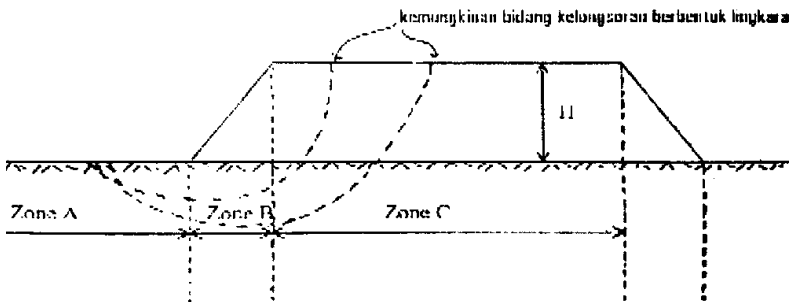
Perhitungan stabilitas timbunan dapat dihitung menggunakan program stable (atau program apa saja yang sejenis) dengan asumsi (Mochtar, 2012) sesuai Gambar 2.6 yaitu:

Zona A = Tanah dalam kondisi masih asli, $C_u = C_u$ asli

Zona B = Zona transisi, yaitu

$$C_u \text{ di B} = \frac{C_u \text{ di A} + C_u \text{ di C}}{2}$$

Zona C = Zona terkonsolidasi dibawah timbunan H; Harga σ' tergantung pada tinggi H. Harga C_u di C dihitung dengan formula harga C_u baru



Gambar II.6. Pembagian Zona Kekuatan Tanah

sumber: Mochtar, 2012

2.4 Percepatan Pemampatan menggunakan PVD

2.4.1 Fungsi Vertical Drain

Pemampatan konsolidasi yang terjadi pada tanah lempung berlangsung sangat lambat. Oleh sebab itu sering dilakukan pemasangan *vertical drain* untuk mempercepat waktu

pemampatan. Dengan adanya vertikal drain maka air pori tidak hanya mengalir keluar arah vertikal saja tetapi juga arah horizontal. *Vertical drain* dapat berupa:

- a) Kolom Pasir
- b) Prefabricated Vertical Drain

Saat lapisan tanah dasar dipasang vertical drain (gambar 2.5) dengan jarak S , panjang “drainage path” yang semula H (aliran vertikal) berubah menjadi $1/2D$ dan arah aliran air pori arah horizontal (radial). Harga D adalah diameter ekuivalen pengaruh aliran satu *vertical drain*, harga D hampir sama dengan S . Jadi dengan adanya vertical drain maka air pori mengalir keluar arah vertikal dan arah radial. Perumusan untuk waktu konsolidasi akibat aliran arah vertikal (t_1) dan akibat arah radial (t_2) adalah:

$$t_1 = \frac{T \times (H_{dr})^2}{C_h} \quad \text{dan} \quad t_2 = \frac{T \times (0,5D)^2}{C_h} \quad \dots\dots\dots$$

(2.20)

Dengan :

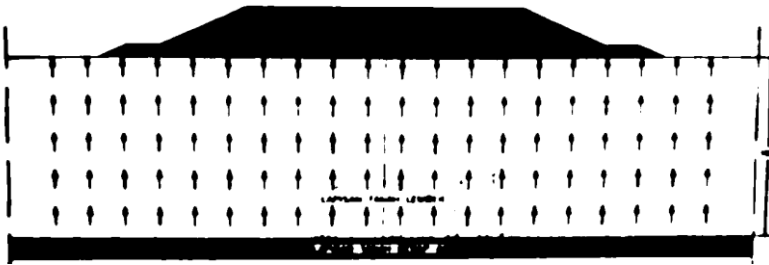
T = faktor waktu tergantung dari derajat konsolidasi.

C_v = koefisien konsolidasi vertikal

t = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi $U\%$ (dtk)

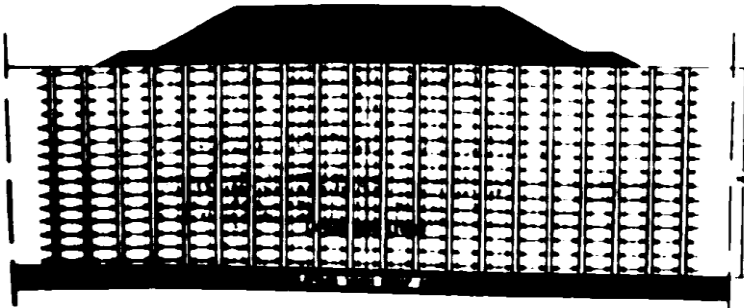
H_{dr} = jarak terjauh air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar (m)

Pada umumnya harga C_h (koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah radial) berkisar antara 1 sampai 3 kali C_v . Sehingga dengan adanya *vertical drain* akan mempercepat waktu konsolidasi tanah.



Gambar II.7. Konsolidasi Arah Vertikal

sumber: Mochtar, 2000



Gambar II.8. Konsolidasi Arah Radial

sumber: Mochtar, 2000

2.4.2 Waktu Konsolidasi

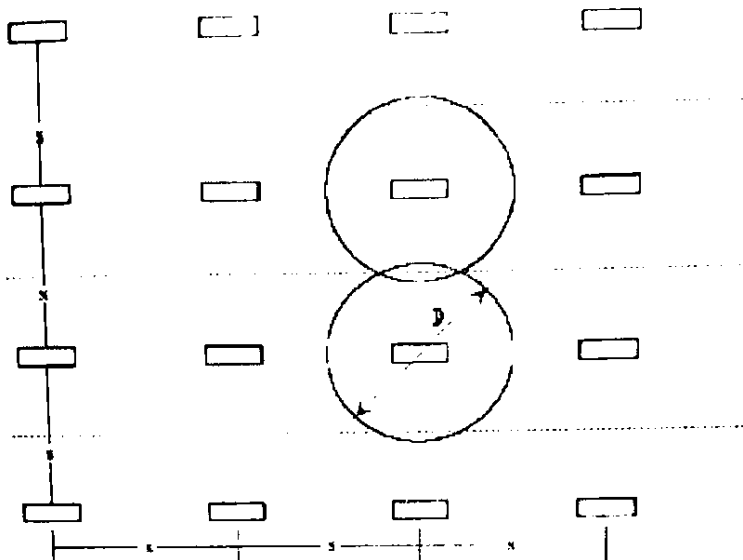
Sistem drainase vertikal (*vertical drain*) sangat efektif untuk mempercepat konsolidasi dari tanah kompresif (seperti lempung atau lempung berlanau) sehingga dapat memperpendek periode konstruksi. Teori Barron (1948) menetapkan hubungan antara waktu, diameter drain, jarak antar drain, koefisien konsolidasi dan rata – rata derajat konsolidasi. Penentuan waktu konsolidasi dari teori ini dibuat persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{2D}{8 \times Ch} \right) F(n) \times \ln \left(\frac{1}{1 \times \bar{U}h} \right) \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

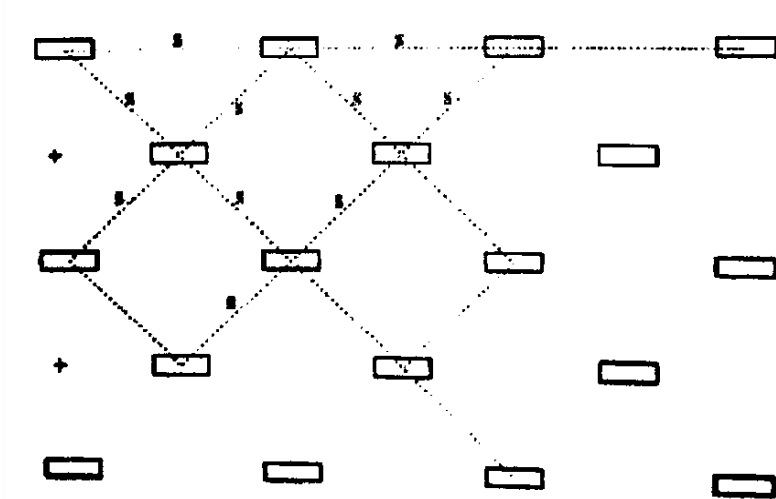
t = waktu yang diperlukan untuk mencapai $\bar{U}h$

- D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh *vertical drain*
 a) $1,13 \times S$, untuk pola susunan bujursangkar
 b) $1,05 \times S$, untuk pola susunan segitiga
 C_h = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial .
 \bar{U}_h = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial
 $F(n)$ = fungsi hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD



Gambar II.9. Pola Pemasangan PVD Bujursangkar

sumber: Mochtar, 2012



Gambar II.10. Pola Pemasangan PVD Segitiga

sumber: Mochtar, 2012

Diameter *equivalent* untuk PVD dihitung dengan persamaan berikut:

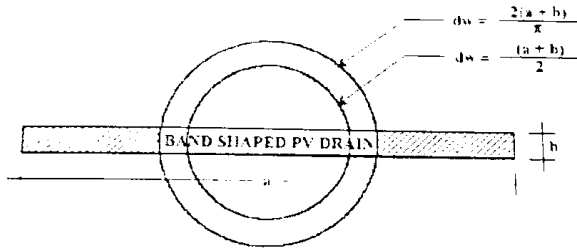
$$d_w = \frac{2(a+b)}{\pi} \dots\dots\dots (2.22)$$

Sedangkan perhitungan besar fungsi hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD untuk berbagai variasi jarak pemasangan PVD dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_n = \left(\frac{n^2}{n^2-1} \right) x \left(\ln(n) - \frac{3}{4} - \frac{1}{4n^2} \right) \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana:

$$n = \frac{D}{d_w} \dots\dots\dots (2.24)$$



Gambar II.11. Diameter Lingkaran Ekuivalen untuk PVD
sumber: Mochtar, 2012

Sedangkan untuk derajat konsolidasi horisontal dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{U}h = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times Ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \dots\dots\dots (2.25)$$

Derajat konsolidasi total yang diakibatkan oleh PVD dihitung dengan menjumlahkan derajat konsolidasi vertikal dan horisontal, persamaan diberikan sebagai berikut:

$$U_{total} = \left(1 - \left((1 - \bar{U}h) \times (1 - \bar{U}v) \right) \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.26)$$

2.4.3 Timbunan Bertahap dan Besar Pemampatan

Seperti yang telah diketahui bahwa timbunan di lapangan diletakkan lapis demi lapis dengan kecepatan sesuai dengan yang direncanakan. Dengan demikian, formula yang dipergunakan untuk menghitung besar pemampatan konsolidasi perlu disesuaikan terutama tentang besar beban dan pemakaian harga C_c dan C_s .

Untuk pembebanan secara bertahap dimana besar beban setiap tahapan adalah Δp , digunakan persamaan berikut:

1. Apabila $p'_o + \Delta p_1 < p'_c$

$$S_c = C_s \frac{H}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p_1}{p'_o} \dots\dots\dots (2.27)$$

2. Apabila $p'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2 > p'_c$

$$S_c = C_s \frac{H}{1+e_o} \log \frac{p'_c}{p'_o + \Delta p_1} + C_c \frac{H}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2}{p'_c} \dots\dots\dots (2.28)$$

3. Apabila $p'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > p'_c$

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3}{p'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana :

- S_c = Penurunan konsolidasi primer (m)
- Δe = Perubahan angka pori
- e_o = Angka pori awal
- H = Tebal lapis tanah (m)
- C_c = Indeks pemampatan
- C_s = Indeks pemuai
- Δp = Tambahan tegangan akibat beban (kN/m²)
- p'_c = Tegangan prakonsolidasi (kN/m²)
- p'_o = Tegangan overburden (kN/m²)

2.4.4 Kenaikan Daya Dukung Tanah

Sebagai akibat terjadinya konsolidasi pada suatu lapisan tanah maka lapisan tanah yang bersangkutan menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah juga meningkat sebagai akibat kenaikan harga C_u (*Undrained Shear Strength*) (Mochtar, 2012).

Kenaikan daya dukung akibat beban timbunan sebesar Δp apabila periode pemberian beban t_1 dan derajat konsolidasi = U_1 adalah:

$$\Delta P = \left(\frac{\sigma'_{t1}}{p'_o} \right)^{U_1} p'_o - p'_o \dots\dots\dots (2.30)$$

Sehingga tegangan tanah ditinjau kembali menjadi:

$$\sigma'_{(baru)} = p'_o + \left[\left(\frac{\sigma'_{t1}}{p'_o} \right)^{U_1} p'_o - p'_o \right] \dots\dots\dots (2.31)$$

Harga Cu baru dari tanah pada saat $t = t_1$ adalah:

✓ Untuk harga *Plasticity Index* (PI) < 120%

$$Cu \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \text{ PI})] \times \sigma'_{(baru)} \dots\dots\dots (2.32)$$

✓ Untuk harga *Plasticity Index* (PI) \geq 120%

$$Cu \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [0,0737 + (0,0454 - 0,00004 \text{ PI})] \times \sigma'_{(baru)} \dots\dots\dots (2.33)$$

Nilai PI diperoleh dari

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana:

LL = batas cair (*Liquid Limit*)

PL = batas plastis (*Plastic Limit*)

σ'_1 = tambahan tegangan akibat beban timbunan
 pertambahan tahap 1 (kN/m²)

U_1 = Derajat konsolidasi yang dialami timbunan ke 1

p_o' = Tegangan overburden (kN/m²)

2.5 Perencanaan Geotextile

Tahap – tahap perencanaan geotextile dilakukan dengan langkah – langkah berikut (Mochtar, 2012):

1. Mencari nilai momen dorong

$$SF = \frac{MR_{min}}{M_{dorong}} \dots\dots\dots (2.35)$$

2. Mencari nilai momen rencana dengan angka keamanan rencana $SF_{rencana} = 1,3$

$$M_{Rrencana} = M_{dorong} \times SF_{rencana} \dots\dots\dots (2.36)$$

3. Mencari nilai tambahan momen penahan (ΔM_R)

$$\Delta M_R = M_{Rrencana} \times M_{Rmin} \dots\dots\dots (2.37)$$

4. Mencari kekuatan geotextile yang diizinkan

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{ib} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana:

T_{allow} = Kekuatan geotextile yang tersedia

T = Kekuatan tarik max geotextile yang digunakan

FS_{id} = Faktor keamanan akibat kerusakan saat pemasangan
(untuk timbunan = 1,1 – 2,0)

FS_{cr} = Faktor keamanan terhadap kerusakan akibat rangkai (untuk timbunan = 2,0 – 3,0)

FS_{cd} = Faktor keamanan terhadap kerusakan akibat bahan – bahan kimia
(untuk timbunan = 1,1 – 1,5)

FS_{bd} = Faktor keamanan terhadap kerusakan akibat aktivitas biologi dalam tanah
(untuk timbunan = 1,1 – 1,3)

5. Menghitung panjang geotextile di belakang bidang longsor

$$\sum F_x = 0$$

$$T_{allow} \times FS = (\tau_1 + \tau_2) \times L_e \times e$$

$$L_e = \frac{T_{allow} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times e} \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana:

L_e = Panjang geotextile di belakang bidang longsor

τ_1 = tegangan geser antar tanah timbunan dengan geotextile

$$\tau_1 = C_{u1} + \sigma_v \tan \phi_1 \dots\dots\dots (2.40)$$

τ_2 = tegangan geser antar tanah dasar dengan geotextile

$$\tau_2 = C_{u2} + \sigma_v \tan \phi_2 \dots\dots\dots (2.41)$$

$$\sigma_v = \gamma_{timbunan} \times H_i$$

E = efisiensi → diambil 0,8

H_i = tinggi timbunan di atas geotextile (m)

6. Menghitung kebutuhan jumlah geotextile

$$M_{geotextile} = T_{allow} \times T_i \dots\dots\dots (2.42)$$

$$T_i = y_o - y_z \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

$$\Sigma M = M_{\text{geotextile-1}} + \dots + M_{\text{geotextile-n}} > \Delta M_R \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana:

T_i = Jarak vertikal antara geotextile dengan pusat bidang longsor (m)

y_o = koordinat pusat kelongsoran pada arah vertikal

y_z = koordinat dasar timbunan pada arah vertikal

ΣM = total momen akibat pemasangan geotextile(kNm)

7. Menghitung panjang geotextile

Panjang geotextile di depan bidang longsor dihitung dengan menggunakan program autocad, sedangkan panjang total geotextile pada setiap lapisan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$L_{\text{total}} = L_e + L_D + L_o + S_v \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

Dimana:

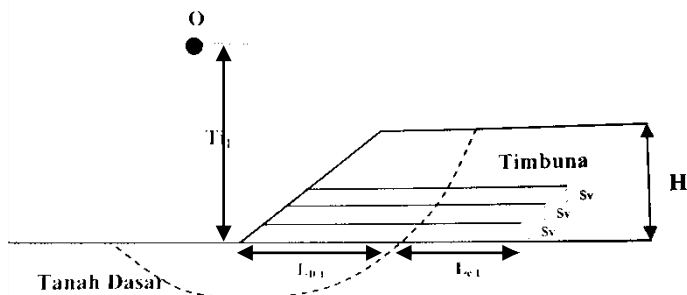
L_e = Panjang geotextile di belakang bidang longsor (m)

L_D = Panjang geotextile di depan bidang longsor (m)

L_o = Panjang lipatan geotextile (m)

S_v = tebal lapisan timbunan per tahap (m)

Sketsa pemasangan geotextile pada timbunan ditunjukkan pada Gambar 2.12



Gambar II.12. Sketsa pemasangan geotextile

sumber: Mochtar, 2000

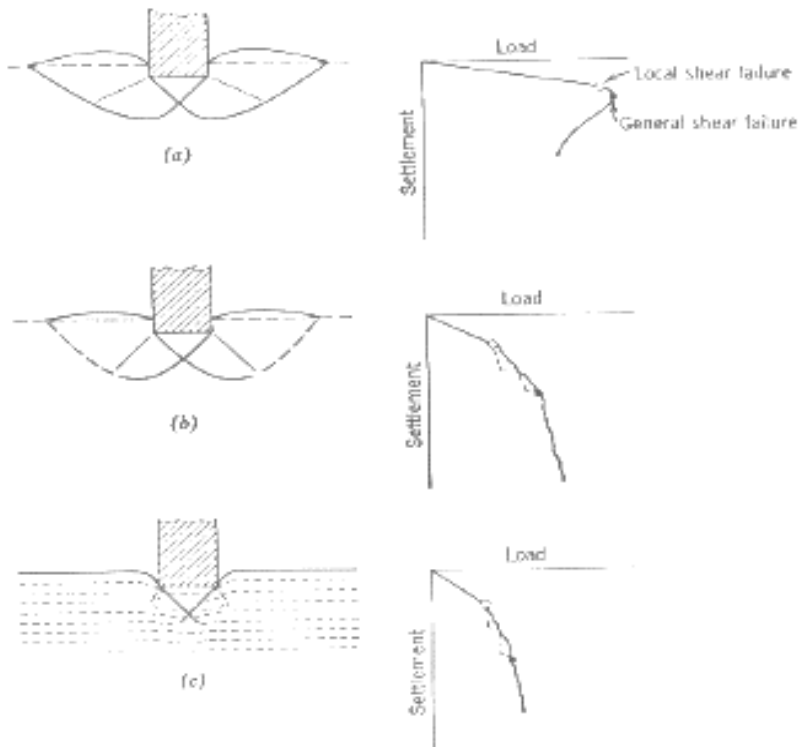
2.6 Pondasi Dangkal

Menurut Terzaghi, pengertian pondasi dangkal adalah jika kedalaman pondasi \leq lebar pondasi, maka pondasi disebut pondasi dangkal. Pada dasarnya pondasi dangkal berupa pondasi telapak, yaitu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi. Stabilitas pondasi dangkal dapat ditentukan dengan banyak cara dan stabilitas ini ditentukan oleh beberapa faktor antara lain yaitu:

- a) Memiliki Faktor keamanan (2 atau 3) agar aman terhadap kemungkinan keruntuhan geser. Misalnya Faktor keamanan = 2, maka kekuatan tanah yang diijinkan dalam mendukung suatu pondasi mempunyai nilai dua kali dari daya dukung batasnya.
- b) Bila terjadi penurunan pondasi (*settlement*), maka penurunan tersebut harus masih berada dalam batas-batas toleransi (besar penurunan masih ada dalam batas normal).
- c) *Differential settlement* (penurunan sebagian) tidak boleh menyebabkan kerusakan serius / mempengaruhi struktur bangunan. Batasan *differential settlement* untuk bangunan beton yaitu 0,002 s/d 0,003 setengah bentang bangunan dan untuk bangunan baja yaitu 0,006 s/d 0,008. (Zakaria, 2006)

Beberapa keruntuhan tanah akibat beban pada pondasi ditunjukkan pada Gambar 2.13, yaitu terbagi menjadi:

1. *General shear failure* (keruntuhan geser menyeluruh dari tanah di bawah pondasi),
2. *Local shear failure* (keruntuhan geser setempat dari tanah bawah pondasi)
3. *Punching shear failure* (keruntuhan geser setempat ke arah bawah pondasi)



Gambar II.13. Jenis – jenis keruntuhan tanah akibat beban, a) general shear, b) local shear, dan c) punching shear

sumber: Koerner, 1984

Bentuk/tipe bermacam-macam bergantung keperluan dan rancang bangun yang telah dipertimbangkan. Untuk pondasi dangkal dikenal pondasi tapak (*spread foundation*) dengan beberapa bentuk: lajur (*continous*), persegi/segiempat (*square*), dan melingkar (*round, circular*). Masing-masing bentuk pondasi mempunyai cara perhitungan daya dukung tanah batas (*qult*) yang berbeda-beda.

Daya dukung tanah adalah besarnya tekanan atau kemampuan tanah untuk menerima beban dari luar sehingga

menjadi stabil. Kapasitas daya dukung pondasi dangkal berhubungan dengan perancangan dalam bidang geoteknik. Kriteria perancangan: Kapasitas daya dukung pondasi dangkal harus lebih besar atau sama dengan beban luar yang ditransfer lewat sistem pondasi ke tanah di bawah pondasi: $q(ult) > sc$ yang terbaik jika $q(ult)$ 2 sampai 5 kali sc (Zakaria, 2006)

Daya dukung batas (q_{ult} , *ultimate bearing capacity*; kg/cm², t/m²) suatu tanah yang berada di bawah beban pondasi akan tergantung kepada kekuatan geser (*shear strength*). Nilai daya dukung tanah yang diijinkan (q_a , *allowable bearing capacity*) untuk suatu rancang bangun pondasi ikut melibatkan faktor karakteristik kekuatan dan deformasi.

Daya dukung ijin (*allowable bearing capacity*, q_a) bergantung kepada seberapa besar faktor keamanan (SF) yang dipilih. Pada umumnya nilai SF yang dipilih adalah 2 hingga 5, sehingga nilai daya dukung yang diijinkan adalah sebagai berikut:

$$q_a = \frac{q_{ult}}{SF} . \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana:

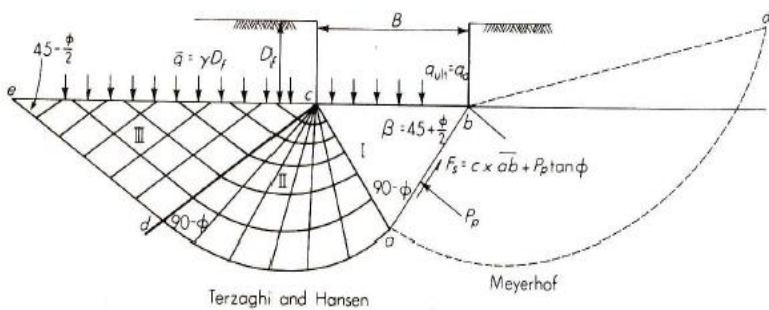
q_a = daya dukung ijin (kN/m²)

q_{ult} = daya dukung batas (ultimate) (kN/m²)

SF = faktor keamanan, biasanya 3

Jika SF = 3, ini berarti bahwa kekuatan pondasi yang direncanakan adalah 3 kali kekuatan daya dukung batasnya, sehingga pondasi diharapkan aman dari keruntuhan.

Dengan kondisi $q_a < q_{ult}$ maka tegangan kontak (sc) yang terjadi akibat transfer beban luar ke tanah bagian bawah pondasi menjadi kecil (sengaja dibuat kecil) bergantung nilai F yang diberikan.



Gambar II.14. Skema kapasitas daya dukung tanah untuk berbagai jenis keruntuhan umum yang digunakan Terzaghi
sumber: Terzaghi, 1982

Pondasi dikategorikan dangkal bilamana lebar pondasi (= B), sama atau lebih besar dari jarak level muka tanah ke pondasi atau D (kedalaman pondasi) (Terzaghi & Peck, 1993; Bowles, 1984).

Tabel II.5. Kapasitas Daya Dukung berbagai Jenis Pondasi

Jenis Pondasi	Kapasitas Daya Dukung (Terzaghi)
Lajur/menerus	$q_{ult} = c.N_c + q.N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$
Segi empat	$q_{ult} = 1,3 c.N_c + q.N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma$
Lingkar	$q_{ult} = 1,3 c.N_c + q.N_q + 0,3 \gamma B N_\gamma$

sumber: Terzaghi, 1993

Keterangan :

q_{ult} = kapasitas daya dukung batas

c = kohesi tanah

q = $\gamma \times D$ (bobot satuan isi tanah x kedalaman)

B = dimensi lebar atau diameter pondasi

ϕ = sudut geser dalam

Nilai N_c , N_q , N_γ diperoleh berdasarkan tabel dibawah ini,

Tabel II.6. Kapasitas Daya Dukung berbagai Jenis Pondasi
(Meyerhof, 1993)

ϕ	Nc	Nq	N γ	ϕ	Nc	Nq	N γ	ϕ	Nc	Nq	N γ
0	5,14	1,00	0,00	17	12,34	4,77	1,66	34	42,16	29,44	31,15
1	5,38	1,09	0,00	18	13,10	5,26	2,00	35	46,12	33,30	37,15
2	5,63	1,20	0,01	19	13,93	5,80	2,40	36	50,59	37,75	44,43
3	5,90	1,31	0,02	20	14,83	6,40	2,87	37	55,63	42,92	53,27
4	6,19	1,43	0,04	21	15,82	7,07	3,42	38	61,35	48,93	64,07
5	6,49	1,57	0,07	22	16,88	7,82	4,07	39	67,87	55,96	77,33
6	6,81	1,72	0,11	23	18,05	8,66	4,82	40	75,31	64,20	93,69
7	7,16	1,88	0,15	24	19,32	9,60	5,72	41	83,86	73,90	113,99
8	7,53	2,06	0,21	25	20,72	10,66	6,77	42	93,71	85,38	139,32
9	7,92	2,25	0,28	26	22,25	11,85	8,00	43	105,11	99,02	171,14
10	8,35	2,47	0,37	27	23,94	13,20	9,46	44	118,37	115,31	211,41
11	8,80	2,71	0,47	28	25,80	14,72	11,19	45	133,88	134,88	262,74
12	9,28	2,97	0,60	29	27,86	16,44	13,24	46	152,10	158,51	328,73
13	9,81	3,26	0,74	30	30,14	18,40	15,67	47	173,64	187,21	414,32
14	10,37	3,59	0,92	31	32,67	20,63	18,56	48	199,26	222,31	526,44
15	10,98	3,94	1,13	32	35,49	23,18	22,02	49	229,93	265,51	674,91
16	11,63	4,34	1,38	33	38,64	26,09	26,17	50	266,89	319,07	873,84

2.5.1 Beban Atas Pondasi

Beban atas pondasi merupakan beban dari struktur yang terdiri dari beban sentris, beban kosentris, dan momen. Beban – beban tersebut harus dijumlahkan untuk menghasilkan tegangan ultimate pada dasar pondasi.

Besarnya tegangan yang terjadi sebagai akibat dari kombinasi beban vertikal, horisontal, dan momen dapat dicari

dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Wahyudi, 2012):

$$q_{ult} = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x X}{I_y} \pm \frac{M_y Y}{I_x} \quad \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana:

q = tegangan yang terjadi pada dasar pondasi (t/m^2)

P = total gaya vertikal (ton, kg)

A = luas landasan atau pondasi (m^2)

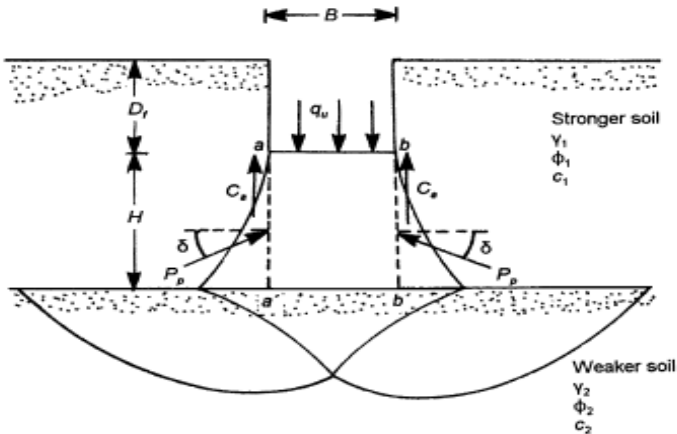
M_x, M_y = total momen searah sumbu x dan y (tm)

I_x, I_y = momen inersia searah sumbu x dan y (m^4)

x, y = jarak dari pusat pondasi ke tepi pondasi (m)

2.5.2 Tanah Berlapis (tanah keras diatas tanah lunak)

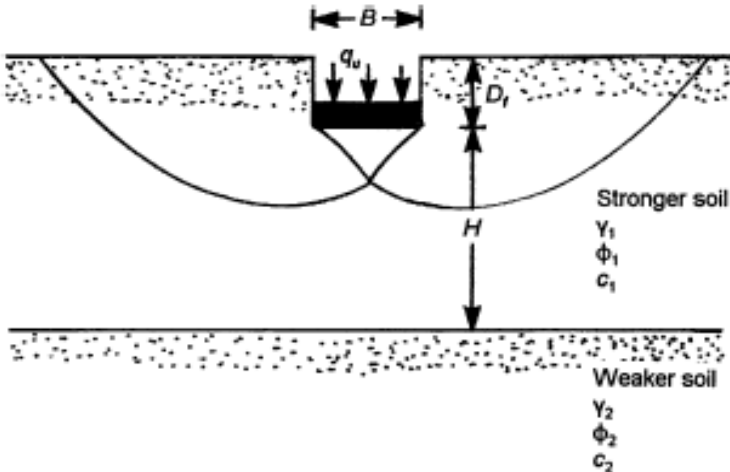
Meyerhor dan Hanna mengembangkan teori untuk memperkirakan nilai daya dukung ultimate pada pondasi dangkal menerus yang di dukung oleh tanah berlapis yaitu tanah keras diatas tanah lunak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar II.15. Pondasi kaku menerus pada tanah berlapis, tanah keras diatas tanah lunak

sumber: Braja M. Das, 1999

Jika H yang ditunjukkan pada Gambar 2.15 cukup besar dibandingkan B , maka kegagalan pada permukaan tanah akan secara penuh terjadi pada lapisan tanah keras seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.16



Gambar II.16. Pondasi kaku menerus pada tanah berlapis dengan H/B relatif kecil

sumber: Braja M. Das, 1999

Pada kasus tersebut, batas q_u untuk pondasi menerus dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_u = q_b + \frac{2c_a H}{B} \pm \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{2D_f}{H} \right) \frac{K_s \tan \phi_1}{B} - \gamma_1 H \leq q_t \quad \dots\dots\dots (2.48)$$

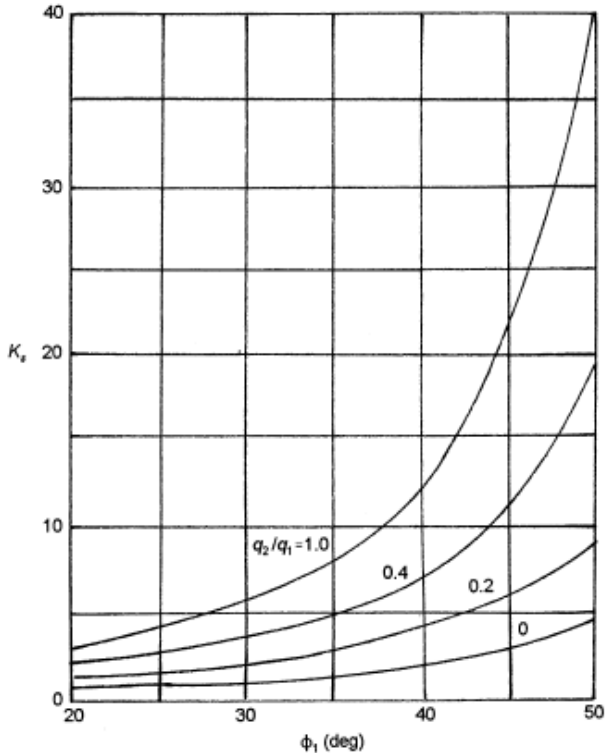
Sedangkan perhitungan untuk pondasi persegi adalah:

$$q_u = q_b + \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{2c_a H}{B} \right) \lambda_a + \left(1 + \frac{B}{L} \right) \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{2D_f}{H} \right) \left(\frac{K_s \tan \phi_1}{B} \right) \lambda_s - \gamma_1 H \leq q_t \quad \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana:

λ_a, λ_s = faktor bentuk

Nilai K_s diperoleh dari kurva variasi K_s dengan ϕ_1 dan q_2/q_1 yang ditunjukkan pada Gambar 2.17



Gambar II.17. Kurva variasi K_s dengan ϕ_1 dan q_2/q_1 berdasarkan teori Meyerhof dan Hanna

sumber: Braja M. Das, 1999

Nilai q_b dan q_t diperoleh dengan formula berikut:

$$q_b = c_2 N_{c(2)} \lambda_{cs(2)} + \gamma_1 (D_f + H) N_{q(2)} \lambda_{qs(2)} + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_{\gamma(2)} \lambda_{\gamma s(2)} \quad \dots\dots\dots (2.50)$$

$$q_t = c_1 N_{c(1)} \lambda_{cs(1)} + \gamma_1 D_f N_{q(1)} \lambda_{qs(1)} + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_{\gamma(1)} \lambda_{\gamma s(1)} \quad \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana:

$\lambda_{cs(1)}, \lambda_{qs(1)}, \lambda_{\gamma s(1)}$ = faktor bentuk untuk lapisan tanah bagian atas (sudut geser = ϕ_1 ; lihat tabel 2.7)

$\lambda_{cs(2)}, \lambda_{qs(2)}, \lambda_{\gamma s(2)}$ = faktor bentuk untuk lapisan tanah bagian bawah (sudut geser = ϕ_2 ; lihat tabel 2.7)

Tabel II.7. Faktor Bentuk (Braja M. Das, 1999)

Factor	Relationship	Reference
Shape	<p>For $\phi = 0^\circ$: $\lambda_{cs} = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right)$</p> <p>$\lambda_{qs} = 1$</p> <p>$\lambda_{\gamma s} = 1$</p> <p>For $\phi \geq 10^\circ$: $\lambda_{cs} = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$</p> <p>$\lambda_{qs} = \lambda_{\gamma s} = 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$</p>	Meyerhof [8]
	<p>$\lambda_{cs} = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c} \right) \left(\frac{B}{L} \right)$</p> <p>[Note: Use Eq. (2.67) for N_c and Eq. (2.66) for N_q as given in Table 2.3]</p> <p>$\lambda_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi$</p> <p>$\lambda_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$</p>	DeBeer [19]
Depth	<p>For $\phi = 0^\circ$: $\lambda_{cs} = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{B} \right)$</p> <p>$\lambda_{qs} = \lambda_{\gamma s} = 1$</p> <p>For $\phi \geq 10^\circ$: $\lambda_{cs} = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{B} \right) \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$</p> <p>$\lambda_{qs} = \lambda_{\gamma s} = 1 + 0.1 \left(\frac{D_f}{B} \right) \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$</p>	Meyerhof [8]

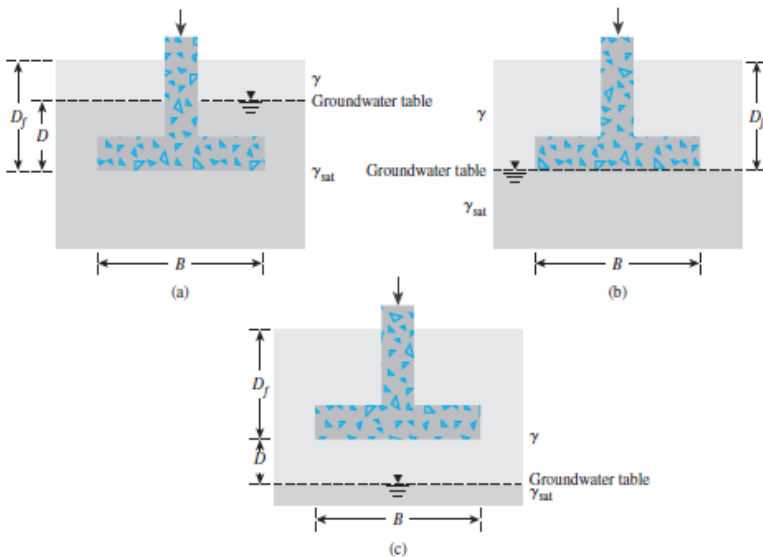
Nilai q_t untuk pondasi persegi dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$q_t = 1,3 c_1 N_{c(1)} \lambda_{cs(1)} + \gamma_1 D_f N_{q(1)} \lambda_{qs(1)} + 0,4 \gamma_1 B N_{\gamma(1)} \lambda_{\gamma s(1)} \quad \dots\dots\dots (2.52)$$

Efek dari muka air tanah pada kondisi (c) (Gambar 2.18) mengakibatkan γ pada formula $(\gamma_1 B N_{\gamma(1)})$ menjadi $(\gamma_{av} B N_{\gamma(1)})$, dimana :

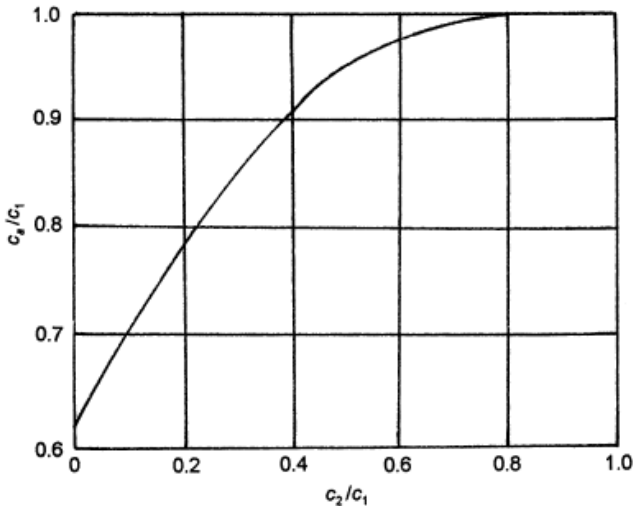
$$\gamma_{av} = \frac{1}{B} [\gamma D + \gamma' (B - D)] \quad (\text{jika } D \leq B) \quad \dots\dots\dots (2.53)$$

$$\gamma_{av} = \gamma \quad (\text{jika } D > B) \quad \dots\dots\dots (2.54)$$



Gambar II.18. Efek lokasi muka air tanah terhadap daya dukung pondasi (a) kasus 1, (b) kasus 2, (c) kasus 3

sumber: Braja M. Das, 2010



Gambar II.19. Kurva hubungan c_a/c_1 dengan c_2/c_1 berdasarkan teori Meyerhof dan Hanna

sumber: Braja M. Das, 1999

2.5.3 Pondasi Batu Kali

Pondasi batu kali biasanya hanya dipakai untuk konstruksi yang tidak berat, rumah tinggal sederhana yang tidak bertingkat. Pondasi batu kali biasanya ditempatkan menerus untuk pondasi dinding. Seluruh beban atap atau beban bangunan umumnya dipikul oleh kolom dan dinding, diteruskan ke tanah melalui pondasi menerus sepanjang dinding bangunan. (Pamungkas, 2012)

Pondasi batu kali hanya mempertimbangkan berat beban yang bekerja tanpa mempertimbangkan beban momen yang terjadi yang oleh karena itu kurang tepat apabila dipakai pada konstruksi bangunan yang berat atau bertingkat tinggi. Dasar perhitungan pondasi batu kali

$$\bar{\sigma} = \frac{G1+G2+G3+G4+G5}{A} \dots\dots\dots (2.55)$$

Syarat yang harus dipenuhi $\sigma < \bar{\sigma}$

Dimana:

σ = tekanan yang terjadi

$\bar{\sigma}$ = daya dukung tanah

G1 = berat konstruksi atas

G2 = berat sloof

G3 = berat tanah urug

G4 = berat pondasi

A = luas penampang pondasi bawah

2.5.4 Pondasi Telapak dari Beton Bertulang

Pondasi tapak beton bertulang digunakan pada bangunan bertingkat yang jumlah tingkatnya tidak terlalu banyak. Daya dukung tanah juga tidak terlalu jelek. Menurut Pamungkas (2002) Langkah – langkah perhitungan pondasi telapak dari beton bertulang adalah:

1. Menentukan dimensi pondasi
2. Kontrol geser
3. Menentukan pembesian
4. Menentukan besar penurunan

Persyaratan yang harus dipenuhi:

SNI 03-2847-2002 pasal 9.7

Tebal selimut beton minimum untuk beton yang di cor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah adalah 75 mm

SNI 03-2847-2002 pasal 17.7

Ketebalan pondasi telapak diatas lapisan tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi telapak diatas tanah

SNI 03-2847-2002 pasal 13.12

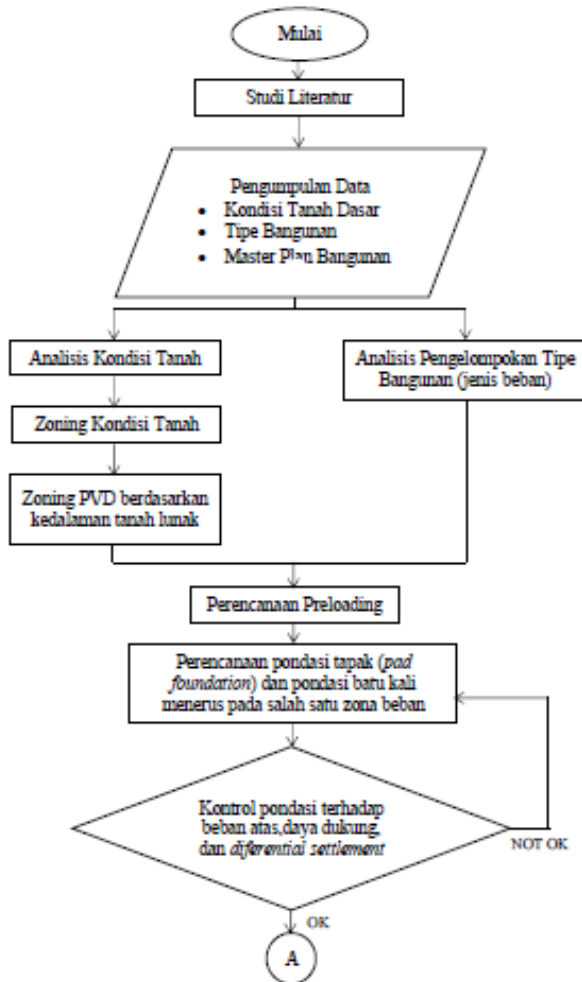
Kuat geser pondasi telapak di sekitar kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi ditentukan oleh kondisi terberat dari dua hal berikut:

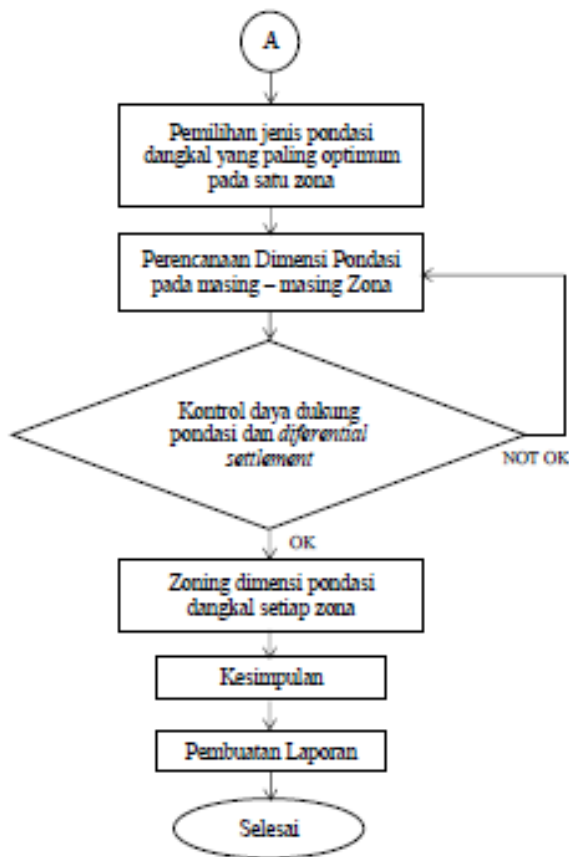
1. Aksi balok satu arah (*One way shear*) dimana masing – masing penampang kritis yang akan ditinjau menjangkau sepanjang bidang yang memotong seluruh lebar pondasi telapak.
2. Aksi dua arah (*Two way shear*) dimana masing – masing penampang kritis yang akan ditinjau harus ditempatkan sedemikian hingga perimeter penampang adalah minimum.

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Perencanaan

Langkah – langkah perencanaan dalam tugas akhir ini ditunjukkan pada diagram alir Gambar 3.1





Gambar III.1. Diagram alir penulisan tugas akhir

Diagram alir tersebut dijabarkan pada poin – poin berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan meliputi pencarian data penunjang yang diambil dari jurnal – jurnal dan buku – buku geoteknik. Materi tersebut menjadi rujukan dalam melakukan perencanaan pada tugas akhir ini.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini diperoleh dari data pengolahan sekunder meliputi: data tanah, data bangunan, serta master plan lokasi pembangunan perumahan.

- Data Tanah

Data tanah yang digunakan adalah data tanah di daerah Pakuwon City dan daerah di sekitarnya. Data tanah tersebut diambil pada 6 titik borehole yang akan digunakan untuk memetakan elevasi muka tanah dasar dan kedalaman tanah lunak di perumahan Pakuwon City, Surabaya.

- Data Jenis Bangunan

Data jenis bangunan yang digunakan adalah data tipe bangunan meliputi jumlah lantai dan ukuran rumah. Data ini diperlukan untuk membuat peta zonasi beban atas yang akan diterima oleh tanah

- *Masterplan* Pakuwon City

Masterplan digunakan untuk mengetahui letak bangunan yang direncanakan

3. Pengelompokan Tipe Bangunan

Dalam tugas akhir ini, beban *preloading* didasarkan pada pengelompokan tipe bangunan yang meliputi tinggi tingkat dan luas bangunan sesuai dengan *masterplan* perumahan Pakuwon City. Tipe tersebut disesuaikan dengan tipe standar yang telah direncanakan oleh Pakuwon City. Perletakan pondasi tapak (*pad foundation*) dan menerus (*continous foundation*) direncanakan pada titik kolom denah.

4. Zoning Kondisi Tanah Dasar

Kondisi tanah dasar dianalisis berdasarkan elevasi tanah, nilai SPT dan CPT. Analisis ini dilakukan untuk

menghasilkan peta zonasi elevasi tanah dasar di wilayah Pakuwon City, Surabaya (Peta-1).

5. Zoning Kedalaman PVD

Zoning kedalaman PVD dilakukan berdasarkan kedalaman tanah lunak. Dalam tugas akhir ini akan dicek apakah kedalaman PVD tersebut masih cukup efektif dilihat dari distribusi tegangan akibat beban. Namun setelah dilakukan pengecekan keefektifan PVD, kedalaman pemasangan PVD tidak akan divariasikan sesuai keefektifan pendistribusian beban sehingga tidak diperlukan kontrol ulang terhadap penurunan yang terjadi.

6. Metode Perbaikan Tanah

Perbaikan tanah yang digunakan adalah preloading dan pemasangan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*). Setelah dilakukan zoning terhadap elevasi tanah dasar. Selanjutnya dilakukan perencanaan Hinisial berdasarkan kedalaman tanah lunak dan beban rencana. Hinisial pada perencanaan *preloading* selanjutnya dipetakan sehingga diperoleh zoning perbaikan tanah (Peta-2). Dalam Peta-2, satu zona pada Peta-1 terbagi menjadi 2 (dua) sub-zona.

7. Analisis Jenis Pondasi

Jenis pondasi yang akan dianalisis yaitu 2 variasi; pondasi tapak (*pad foundation*) dan pondasi batu kali menerus (*continous foundation*). Analisis jenis pondasi dilakukan setelah adanya peta zoning perbaikan tanah (Peta-2). Selanjutnya dilakukan analisis optimasi terhadap biaya yang paling ekonomis diantara 2 jenis pondasi tersebut dalam satu zona dan satu jenis bangunan saja.

8. Zoning Pondasi Dangkal

Setelah dipilih jenis pondasi yang paling optimum, dilakukan perhitungan dimensi pondasi yang sesuai untuk diaplikasikan pada setiap zona sehingga akan dihasilkan peta zoning kebutuhan dimensi pondasi dangkal pada perumahan Pakuwon City (Peta-3).

3.2. Penjadwalan Pengerjaan Tugas Akhir

Pengerjaan tugas akhir dilakukan dengan mengikuti penjadwalan pada tabel berikut:

Kegiatan /Minggu	Maret				April				Mei				Juni			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Anaslis Kondisi Tanah																
Zoning Kondisi Tanah																
Perencanaan Preloading Hinisial - Hfinal																
Zoning Perbaikan Tanah																
Perencanaan pondasi																
Zoning pondasi dangkal																
Pembuatan Laporan																

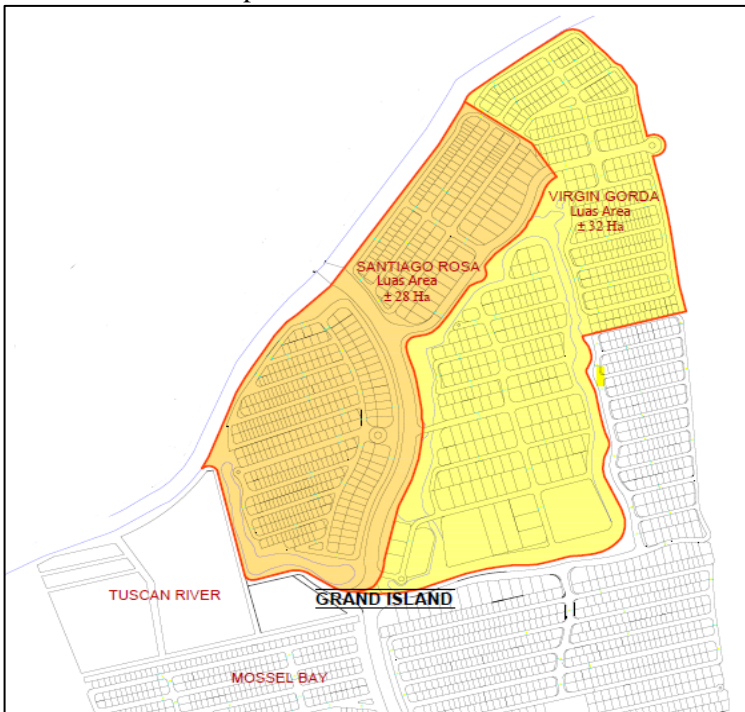
Gambar 3.2. Penjadwalan pengerjaan tugas akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV DATA PERENCANAAN

4.1. Masterplan dan Lokasi Perencanaan

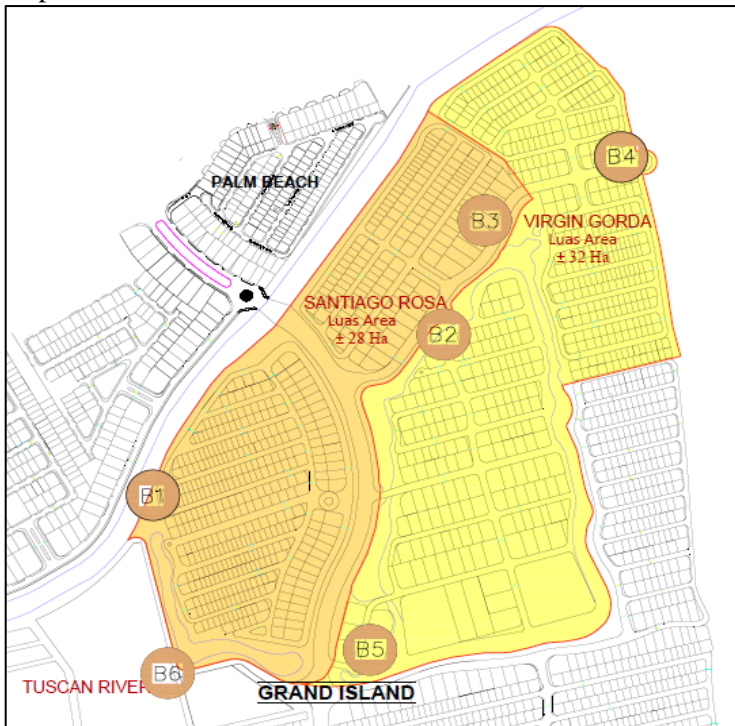
Daerah perencanaan dalam tugas akhir ini adalah kompleks Santiago Rosa dan Virgin Gorda yang berada di dalam kompleks perumahan Grand Island. Lokasi tersebut memiliki luas wilayah sebesar ± 28 Ha untuk kompleks Santiago Rosa dan ± 32 Ha untuk kompleks Virgin Gorda. Lokasi perencanaan ditunjukkan pada Gambar 4.1., untuk gambar yang lebih detail dapat dilihat pada Gambar L1.1. di Lampiran 1



Gambar IV.1. Lokasi perencanaan zonasi perbaikan tanah dan pondasi dangkal

4.2. Data Tanah Dasar

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan adalah data tanah sekunder yang diperoleh berdasarkan tes SPT di lokasi perencanaan. Data tanah diambil di 6 titik BH di sekitar kompleks perumahan Santiago Rosa dan Virgin Gorda. Peta lokasi titik BH (*borehole*) ditunjukkan pada Gambar 4.2 sedangkan parameter data tanah dasar ditabelkan pada Tabel L2.1 – Tabel L2.6 di Lampiran 2.



Gambar IV.2. Lokasi titik bore hole data tanah asli

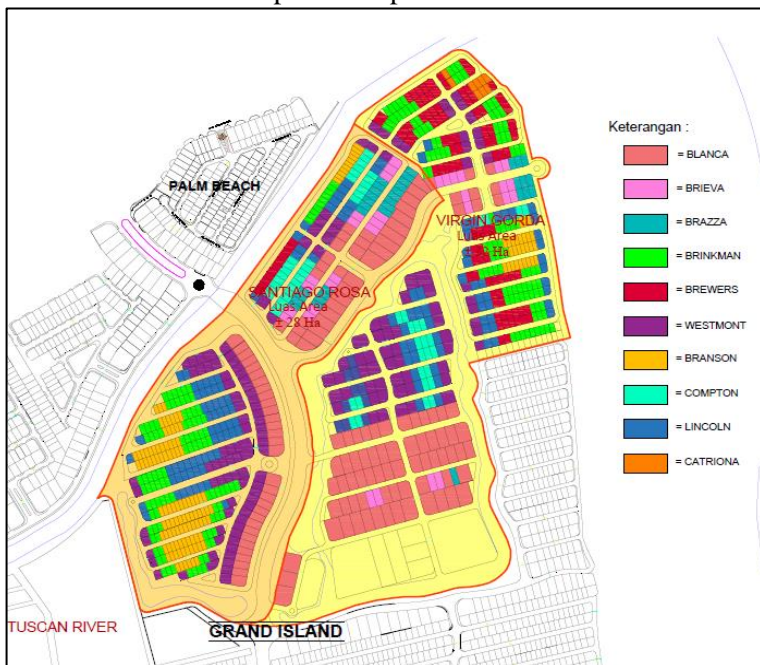
4.3. Denah Bangunan

Masterplan bangunan rumah tinggal yang direncanakan oleh Pakuwon City dicantumkan pada Gambar 4.3. Wilayah perencanaan; Santiago Rosa dan Virgin Gorda, terdiri dari 10 tipe

rumah. Tipe brazza, brieva, dan blanca merupakan bangunan rumah 3 lantai sedangkan tipe compton, branson, brinkman, lincoln, westmont, brewers, dan catriona merupakan rumah 2 lantai. Bangunan tersebut dimodelkan ke dalam SAP2000 dengan *preliminary* struktur sebagai berikut:

- a) Mutu beton bertulang
 - Mutu beton (f'_c) = 30 MPa
 - Mutu tulangan (f_y) = 300 MPa
- b) Tebal plat = 20 cm
- c) Dimensi balok = 20/30
- d) Dimensi kolom = 40/40

Hasil pemodelan struktur menggunakan program bantu SAP2000 untuk semua tipe rumah ditunjukkan pada Gambar L3.11 – Gambar L3.20 pada Lampiran 3.



Gambar IV.3. Masterplan bangunan di kompleks Santiago Rosa dan Virgin Gorda

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISIS DAN PERENCANAAN

Dalam tugas akhir ini akan direncanakan peta pembagian area (*zoning*) perbaikan tanah (PVD dan *preloading*) berdasarkan elevasi tanah dasar, kondisi tanah, dan jenis beban yang diterima; serta peta pembagian area (*zoning*) dimensi pondasi dangkal berdasarkan besar beban yang diterima oleh pondasi. Data – data yang diperlukan dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Langkah yang perlu dilakukan adalah menganalisis data sekunder yang meliputi data elevasi dan kondisi tanah di lokasi studi serta *masterplan* dan denah bangunan. Setelah itu dapat dilakukan perencanaan untuk menghasilkan peta pembagian area (*zoning*). Perencanaan ini akan menghasilkan peta yang dapat digunakan sebagai acuan pekerjaan di lapangan.

5.1. Perencanaan Pembagian Area (Zoning) berdasarkan Elevasi Tanah

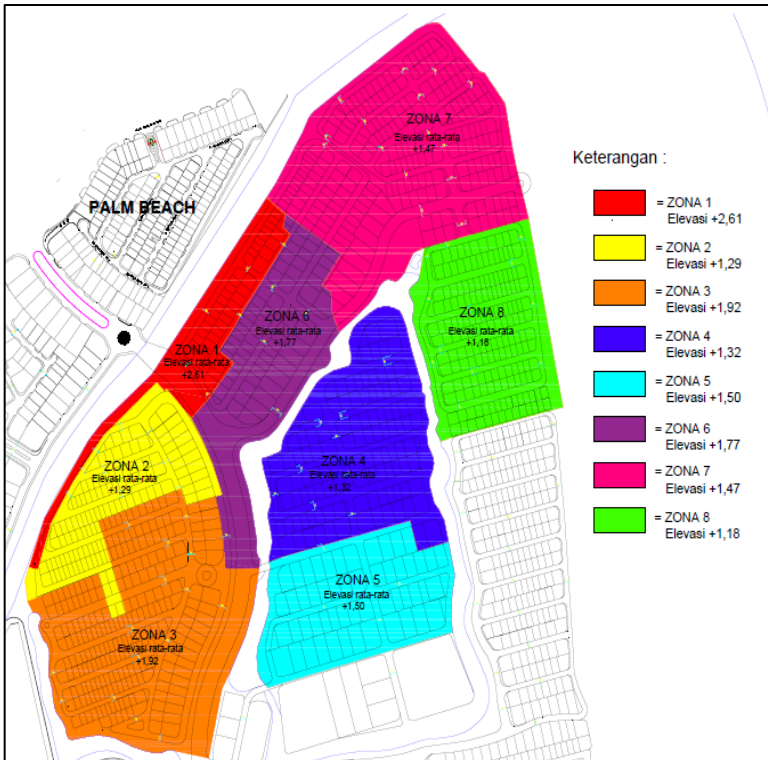
Peta yang akan dihasilkan dari perencanaan ini adalah peta zonasi elevasi tanah dasar yang di dalamnya mencakup elevasi rata – rata tanah dasar dan tinggi timbunan akhir (*H final*) pada masing – masing zona.

5.1.1. Elevasi Muka Tanah di Wilayah Perencanaan

Kondisi lahan existing (tanah dasar) di wilayah Pakuwon City secara keseluruhan merupakan lahan bekas tambak yang dibatasi dengan pematang tambak. Pematang tambak memiliki elevasi yang lebih tinggi dibandingkan kolam tambak sehingga elevasi yang digunakan dalam perencanaan hanya elevasi kolam tambak. Kondisi lahan existing (Gambar L1.2 pada Lampiran 1) memiliki elevasi bervariasi yaitu semakin tinggi dari atas ke bawah dan semakin tinggi dari kanan ke kiri. Elevasi di beberapa daerah lebih tinggi dikarenakan telah dilakukan penimbunan awal dengan ketebalan urugan yang bervariasi.

5.1.2. Zoning berdasarkan Elevasi Tanah

Perencanaan dilakukan pada daerah Grand Island kompleks Santiago Rosa dan Virgin Gorda (Gambar L1.1. pada Lampiran 1). Pembagian zona pada wilayah tersebut didasarkan pada elevasi tanah dasar. Tanah dasar dibagi menjadi 8 zona, satu zona memiliki rentang elevasi tanah dasar berkisar 0 – 1,5 m. Jika terdapat elevasi tanah dasar melebihi rentang 1,5 m maka akan dikelompokkan ke zona lain sehingga diperoleh pembagian zona sesuai Gambar 5.1. Rekapitulasi perhitungan elevasi pada tiap zona ditunjukkan pada Tabel 5.1., sedangkan detail perhitungan elevasi terdapat pada Tabel L4.1. di Lampiran 4.



Gambar V.1. Pradesain zonasi berdasarkan elevasi tanah dasar

Tabel V.1. Rekapitulasi Perhitungan Elevasi Tanah Dasar

Keterangan	Elevasi Tambak							
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
Elevasi Minimum	1,68	0,69	1,26	0,79	1,00	1,04	0,85	0,88
Elevasi Maksimum	3,18	2,17	2,66	1,65	2,11	2,51	2,24	2,07
Elevasi Rata - rata	2,61	1,29	1,92	1,32	1,50	1,77	1,47	1,18
Rentang Elevasi	1,50	1,48	1,40	0,86	1,11	1,47	1,39	1,19

Elevasi akhir yang akan direncanakan oleh Pakuwon City adalah setinggi +3,20 dari SWL (*Sea Water Level*). Sehingga dapat dihitung H final atau tinggi timbunan akhir rencana adalah sebagai berikut (sebagai contoh adalah zona 1):

H final = Elevasi akhir rencana – Elevasi rata-rata

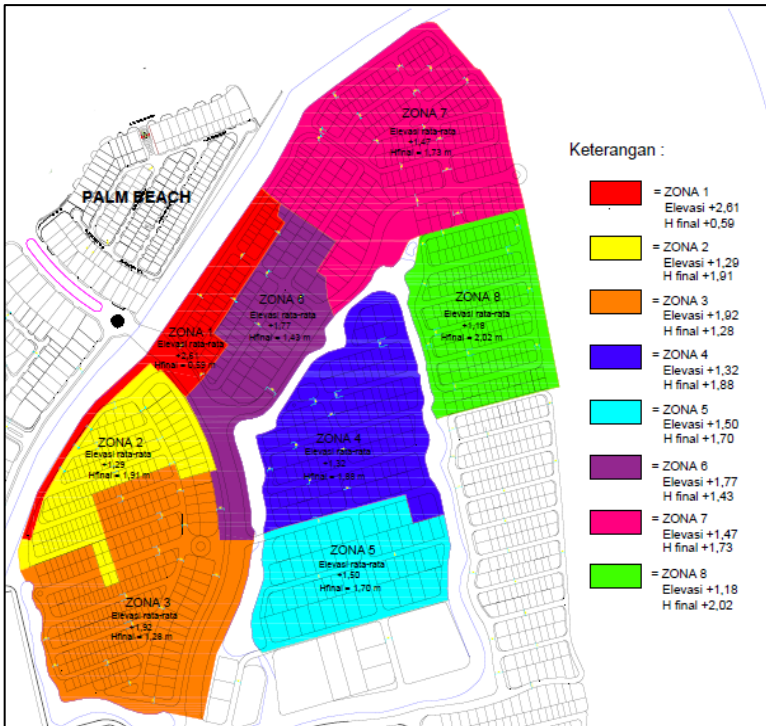
H final = (+3,20) – (+2,61)

H final = +0,59

Rekapitulasi H final pada masing – masing zona ditunjukkan pada Tabel 5.2. Setelah diperoleh nilai H final, maka peta zonasi berdasarkan elevasi akhir ditunjukkan pada Gambar 5.2

Tabel V.2. Rekapitulasi Perhitungan H final

Keterangan	Elevasi							
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
Elevasi rata - rata	2,61	1,29	1,92	1,32	1,50	1,77	1,47	1,18
H final	0,59	1,91	1,28	1,88	1,70	1,43	1,73	2,02



Gambar V.2. Peta pembagian area (zonasi) berdasarkan elevasi tanah dasar

5.2. Perencanaan Zoning Perbaikan Tanah (*Preloading* dan *PVD*) berdasarkan Kondisi Tanah

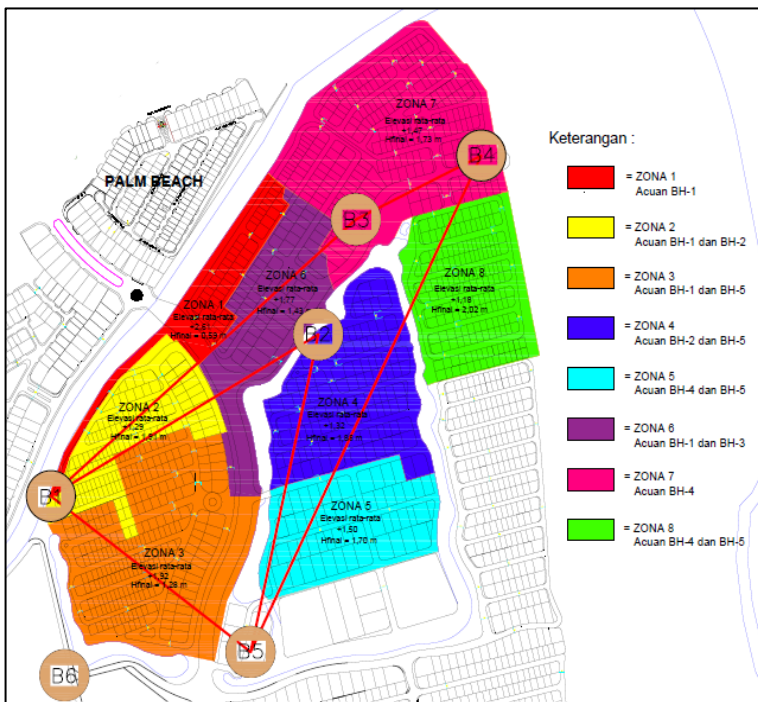
Setelah diperoleh peta pembagian area berdasarkan elevasi tanah dasar, dilakukan analisis terhadap parameter data tanah asli dan kedalaman tanah lunak. Analisis dilakukan dengan memetakan titik BH sehingga dihasilkan stratigrafi dan parameter data tanah baru untuk masing – masing zona. Data tersebut digunakan untuk memperoleh tinggi timbunan awal (H inisial) pada setiap zona. Setelah dilakukan analisis maka dapat dilakukan perencanaan untuk menghasilkan peta pembagian area (zoning)

berdasarkan perbaikan tanah dengan metode *preloading* dan PVD.

Peta yang akan dihasilkan dari perencanaan ini adalah peta zonasi perbaikan tanah yang terdiri dari 2 peta yaitu peta penimbunan (H inisial dan H bongkar) dan peta kebutuhan PVD.

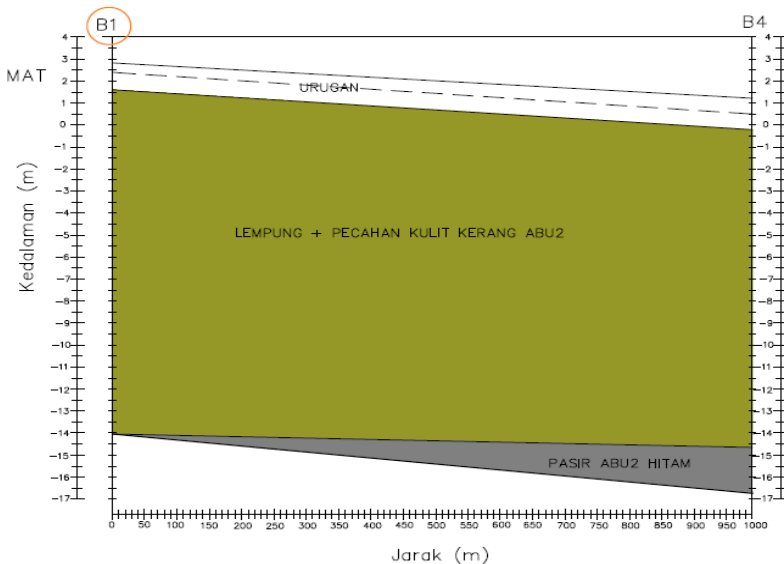
5.2.1. Analisis Kondisi Tanah

Stratigrafi yang digunakan untuk tiap zona merupakan korelasi antara 2 data tanah. Data tanah pada satu titik BH ditarik garis menuju titik BH lainnya melewati zona – zona yang direncanakan. Statigrafi tiap zona diperoleh berdasarkan data tanah yang telah dipetakan pada Gambar 5.3..

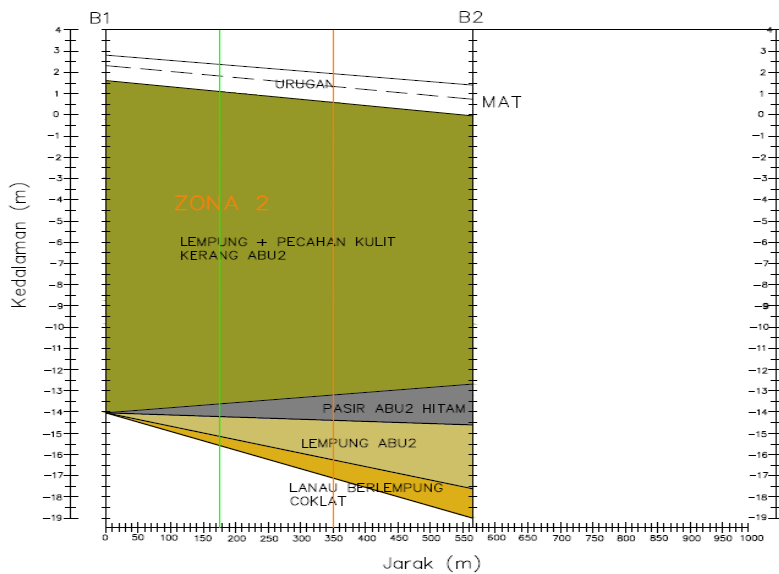


Gambar V.3. Pemetaan stratigrafi terhadap titik BH

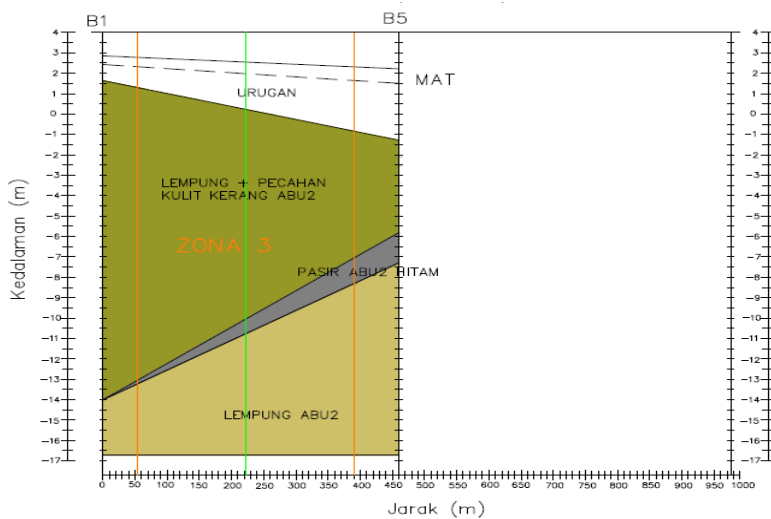
Berdasarkan pemetaan Gambar 5.3 dihasilkan statigrafi pada Gambar 5.4 – Gambar 5.10. Statigrafi zona 1 menggunakan data tanah BH-1; zona 2 menggunakan data tanah BH-1 dan BH-2; zona 3 menggunakan data tanah BH-1 dan BH-5; zona 4 menggunakan data tanah BH-2 dan BH-5; zona 5 menggunakan data tanah BH-4 dan BH-5; zona 6 menggunakan data tanah BH-1 dan BH-3; zona 7 menggunakan data tanah BH-4; dan zona 8 menggunakan data tanah BH-4 dan BH-5. Statigrafi tersebut selanjutnya dijadikan acuan untuk menentukan nilai parameter tanah pada masing – masing zona.



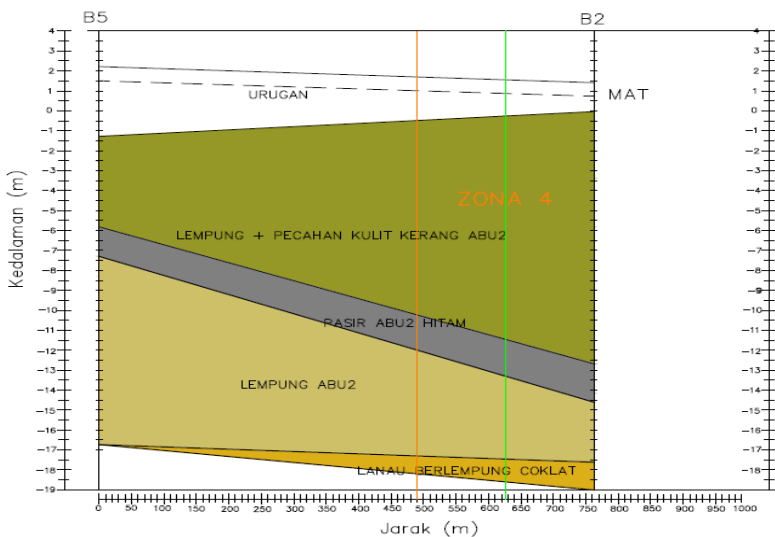
Gambar V.4. Stratigrafi zona 1



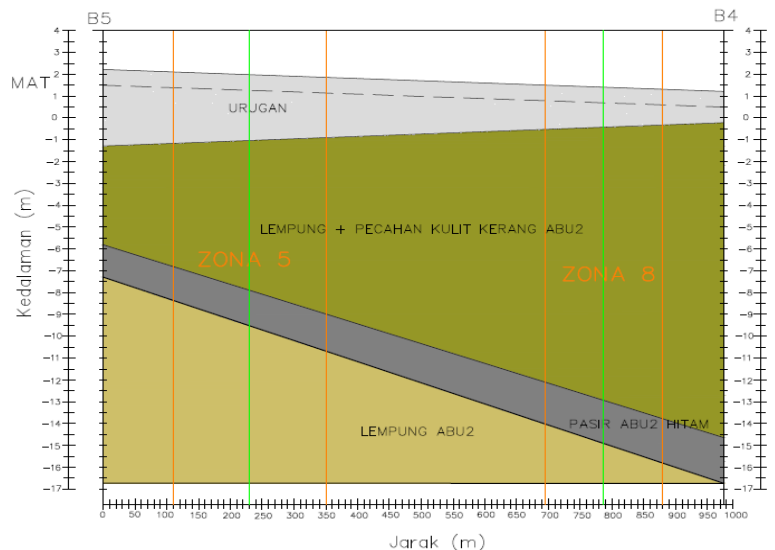
Gambar V.5. Stratigrafi zona 2



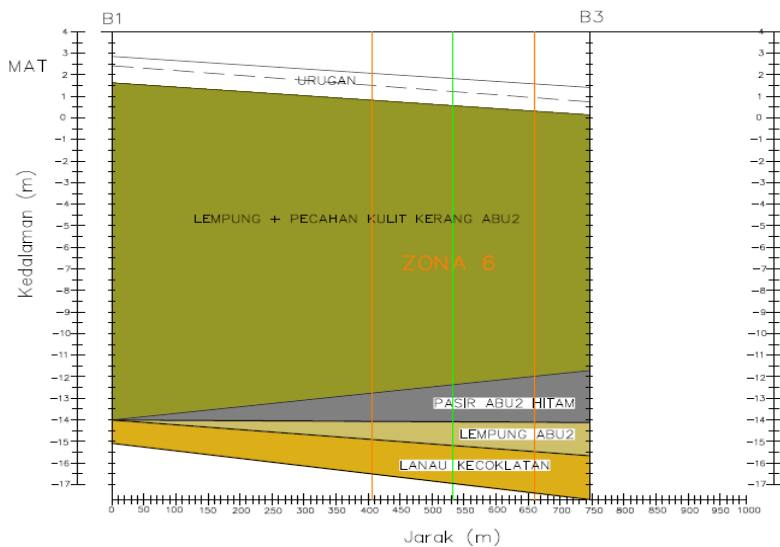
Gambar V.6. Stratigrafi zona 3



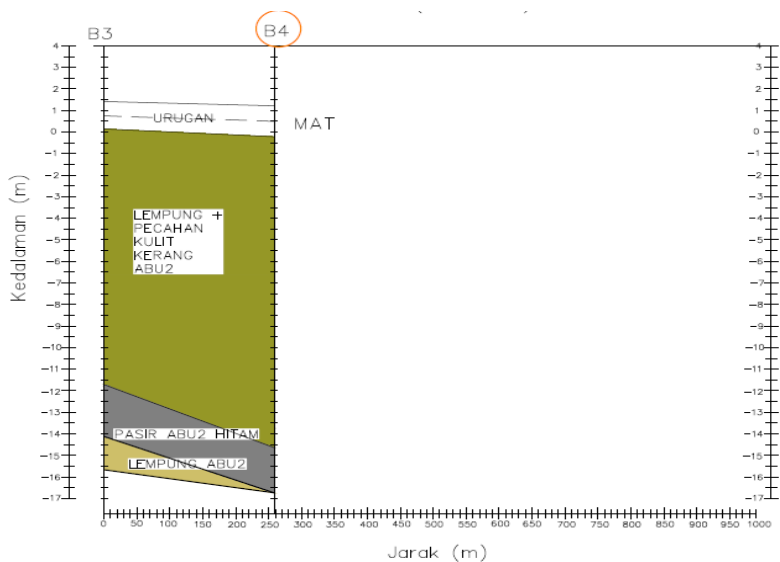
Gambar V.7. Stratigrafi zona 4



Gambar V.8. Stratigrafi zona 5 dan 8



Gambar V.9. Stratigrafi zona 6



Gambar V.10. Stratigrafi zona 7

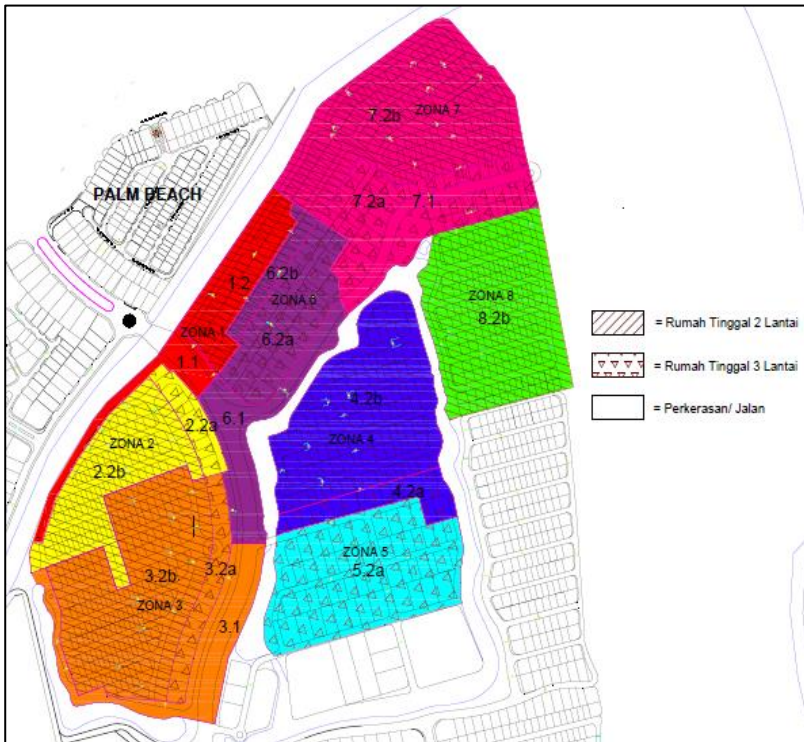
Parameter tanah pada masing – masing zona ditentukan dengan cara memplotting lokasi zona terhadap statigrafi yang digunakan. Sebagai contoh, zona 5 (Gambar 5.8.) terletak pada jarak 100 – 350 m dari BH-5, sehingga statigrafi yang dijadikan acuan untuk zona 5 berada diantara 100 m dan 350 m, yaitu 230 m dari BH-5. Penentuan parameter tanah untuk zona 5 dilakukan dengan mengambil nilai rata – rata parameter tanah pada BH-4 dan BH-5. Sebagai contoh, tipe tanah di zona 5 pada kedalaman 0 hingga -3,5 dari elevasi muka tanah merupakan tanah urugan sehingga nilai G_s yang di rata – rata hanya data urugan BH-4 dan BH-5, maka dihasilkan G_s rata – rata $1,756 \text{ t/m}^3$. Parameter lain dihitung menggunakan cara yang sama kecuali γ_d dan γ_{sat} . γ_d dan γ_{sat} diperoleh dengan perhitungan berdasarkan nilai G_s dan e_o . Sedangkan untuk nilai C_c dan C_s diperoleh dari analisis kurva $e - \log p$ data tanah asli (Gambar L2.7. – Gambar L2.17 di Lampiran). Selanjutnya data tersebut juga di rata – rata menggunakan cara yang telah dijelaskan sebelumnya.

Metode penentuan data tanah ini diaplikasikan pada semua zona berdasarkan pemetaan statigrafi data tanah asli, kecuali zona 1 dan zona 7. Kedua zona tersebut menggunakan data tanah asli, yaitu BH-1 untuk zona 1 dan BH-4. untuk zona 7. Data tanah baru di tiap zona akan digunakan untuk perencanaan perbaikan tanah dan pondasi dangkal. Data tanah tersebut ditunjukkan pada Tabel L4.1. hingga Tabel L4.8. pada Lampiran 4. dengan muka air tanah (MAT) pada masing – masing zona adalah pada zona 1 sedalam 0,4 m, zona 2 sedalam 0,5 m, zona 3 sedalam 0,6 m, zona 4 sedalam 0,7 m, zona 5 sedalam 0,8 m, zona 6 sedalam 0,6 m, zona 7 sedalam 0,7 m, dan zona 8 sedalam 0,7 m dari elevasi muka tanah

5.2.2. Pra-desain Zoning Perbaikan Tanah

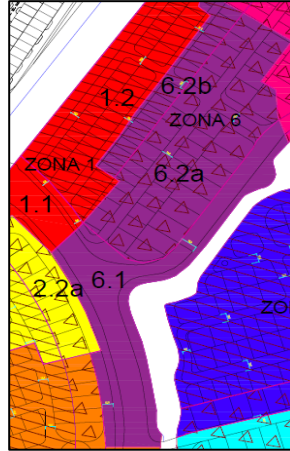
Perencanaan perbaikan tanah dasar dilakukan dengan menggunakan metode *preloading* dan PVD. Metode *preloading* bertujuan untuk menentukan H inisial pada setiap zona. Di dalam satu zona yang sama, direncanakan H inisial yang berbeda

dikarenakan perbedaan beban atas yang bekerja (q_0). Beban – beban tersebut terdiri dari beban rumah tinggal 3 lantai, rumah tinggal 2 lantai, dan beban trafik dan perkerasan. Gambar 5.11. adalah pradesain perencanaan zoning perbaikan tanah berdasarkan kondisi tanah dasar dan jenis beban



Gambar V.11. Pra-desain zonasi perbaikan tanah dasar

Berdasarkan zoning tersebut, selanjutnya dihitung tinggi timbunan serta perencanaan jarak dan kedalaman PVD pada semua zona. Dalam tugas akhir ini hanya disertakan contoh perhitungan pada salah satu zona elevasi tanah dasar, yaitu zona 6. Sedangkan untuk zona lainnya hanya disertakan rekapitulasi hasil perhitungan pada akhir subbab. Zona 6 terdiri dari 2 zona perbaikan tanah, yaitu zona 6.1 dan 6.2. Zona 6.1 merupakan area yang akan dijadikan jalan dan zona 6.2 merupakan area yang akan dijadikan rumah tinggal. Metode perencanaan *preloading* pada Zona 6.1. yaitu dilakukan penimbunan dan terdapat H bongkar, sedangkan Zona 6.2. hanya dilakukan penimbunan hingga mencapai H final tanpa adanya H bongkar.



Gambar V.12. Pra desain zonasi perbaikan tanah

Perencanaan perbaikan tanah dasar dilakukan dengan langkah – langkah: 1. Perhitungan distribusi tegangan, 2. Perhitungan besar pemampatan, 3. Penentuan H inisial dan H final, 4. Perencanaan PVD.

5.2.3. Distribusi Tegangan akibat Beban

Perencanaan *preloading* untuk zona 6.1. terdiri dari distribusi beban akibat timbunan, jalan (perkerasan), dan beban trafik. Sedangkan untuk zona 6.2. hanya terdiri dari beban timbunan. Masing – masing beban didefinisikan sebagai berikut:

1. Beban Timbunan

Besar penambahan tegangan akibat beban timbunan dihitung dengan formula pada Persamaan (2.11). Nilai faktor pengaruh (I) yang digunakan dalam perencanaan adalah 0,5 untuk satu sisi timbunan (Gambar 2.1.) sehingga bernilai 1 jika dikalikan 2 sisi timbunan . Hal

ini dikarenakan sebagian besar timbunan tidak memiliki kemiringan dan lokasinya berada diantara timbunan lainnya

$$\Delta p_t = \Delta \sigma_{\text{timb}} = 1 \times q$$

2. Beban Perkerasan

Besar penambahan tegangan akibat beban perkerasan dihitung dengan Persamaan (2.12). Nilai q diperoleh berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$q = \gamma_{\text{paving}} \times t_{\text{paving}}$$

$$q = 2,0 \text{ t/m}^3 \times 0,10 \text{ m}$$

$$q = 0,2 \text{ t/m}^2$$

Sedangkan nilai I diperoleh dari Gambar 2.2., dimana nilai x adalah 0,5 lebar timbunan jalan (dipilih lebar jalan terbesar yaitu 42 m), sehingga $x = 21$ m. Z merupakan penjumlahan dari $H_{\text{inisial}} + H$ lapisan tanah dari muka tanah hingga lapisan yang ditinjau + (0,5 x tebal lapisan yang ditinjau). Pada lapisan tanah ke 1, nilai z diambil 4,7 m dengan mengasumsikan $H_{\text{inisial}} = 4$ m. Sedangkan y adalah 0,5 x panjang jalan terpanjang,

$$y = 0,5 \times 400 \text{ m} = 200$$

$$m = \frac{21}{4,7} = 4,46$$

$$n = \frac{200}{4} = 50$$

Nilai m dan n diplotkan Gambar 2.2. sehingga diperoleh nilai $I = 0,25$, sehingga

$$\Delta \sigma_{\text{paving}} = 4 \times 0,25 \times q = 1 \times 0,2 \text{ t/m}^2 = 0,2 \text{ t/m}^2$$

3. Beban Trafik atau Lalu lintas

Besar penambahan tegangan akibat beban lalu lintas pada kompleks perumahan Santiago Rosa dan Virgin Gorda direncanakan sebesar $\Delta \sigma_{\text{trafik}} = 1 \text{ t/m}^2$

5.2.4. Perhitungan Besar Pemampatan (Sc)

Besar pemampatan dihitung sedalam tanah lunak dikarenakan PVD yang akan direncanakan dipasang penuh. Langkah – langkah perhitungan *preloading* adalah sebagai berikut dengan mengambil contoh perhitungan untuk H timbunan = 5 m di Zona 6.1. Data tanah yang digunakan adalah data tanah Zona 6 (dapat dilihat pada Tabel L4.7 pada Lampiran 4). Sedangkan rekapitulasi perhitungan untuk H timbunan = 5 m terdapat pada Tabel L5.1 pada Lampiran 5.

1. Penentuan tegangan overburden pada tiap lapisan (P'o)

Tegangan overburden ditentukan dengan mengambil titik tengah tiap lapisan. Perhitungan P'o pada lapisan 2 dan 3 adalah sebagai berikut:

Lapisan 2, $z = 0,6 \text{ m}$

$$\begin{aligned} P'_{o2} &= (h_1 \times \gamma'_1) + (Z_2 \times \gamma'_2) \\ &= (1,4 \times 0,7556 \text{ t/m}^2) + (0,3 \times 0,4379 \text{ t/m}^2) \\ &= 1,189 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Lapisan 3, $z = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned} P'_{o3} &= (h_1 \times \gamma'_1) + (h_2 \times \gamma'_2) + (Z_3 \times \gamma'_3) \\ &= (1,4 \times 0,7556 \text{ t/m}^2) + (0,6 \times 0,4379 \text{ t/m}^2) + (0,75 \times 0,4379 \text{ t/m}^2) \\ &= 1,649 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

2. Tegangan prakonsolidasi (P'c)

Tegangan prakonsolidasi terjadi akibat dari perubahan fluktuasi muka air tanah sedalam 0,6 m. Pada lapisan 1 nilai $\gamma_{\text{sat}} = \gamma_t$ dengan menggunakan Persamaan (2.16) dan (2.17) maka diperoleh:

$$\Delta P_f = \gamma_{\text{air}} \times h_1 = 1 \text{ t/m}^2 \times 0,6 \text{ m} = 0,6 \text{ t/m}^2$$

Tegangan prakonsolidasi pada lapisan 3:

$$\begin{aligned} P'_{\text{c}} &= P'_{\text{o}} + \Delta P_f \\ &= 1,649 \text{ t/m}^2 + 0,6 \text{ t/m}^2 \\ &= 2,249 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

3. Penambahan tegangan akibat distribusi beban (ΔP)
 Penambahan tegangan dihitung dengan menjumlahkan penambahan tegangan yang terjadi akibat distribusi beban.

$$\begin{aligned}\Delta\sigma &= \Delta\sigma_{\text{timb}} + \Delta\sigma_{\text{paving}} + \Delta\sigma_{\text{trafik}} \\ &= q_{\text{timbunan}} + 0,2 \text{ t/m}^2 + 1 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Untuk H inisial = 5 m, maka

$$\begin{aligned}\Delta\sigma &= (1,8 \text{ t/m}^3 \times 5 \text{ m}) + 0,2 \text{ t/m}^2 + 1 \text{ t/m}^2 \\ &= 10,2 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

4. Besar pemampatan di setiap lapisan
 Persamaan yang digunakan untuk menghitung pemampatan di setiap lapisan menggunakan Persamaan (2.1), (2.2), atau (2.3)

$$\begin{aligned}\Delta P + P'_{o} &= 10,2 \text{ t/m}^2 + 1,649 \text{ t/m}^2 = 11,849 \text{ t/m}^2 \\ P'_{c} &= 2,249 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Karena $\Delta P + P'_{o} > P'_{c}$, maka formula yang digunakan untuk semua lapisan adalah kondisi 2 (OC *Soil*) yaitu Persamaan (2.3). Contoh perhitungan pada lapisan 3 adalah sebagai berikut:

$$C_c = 1,110$$

$$C_s = 0,113$$

$$e_o = 2,825$$

$$z = 1 \text{ m}$$

maka:

$$\begin{aligned}S_{ci} &= \frac{C_s \times H}{1 + e_o} \log \frac{P'_{c}}{P'_{o}} + \frac{C_c \times H}{1 + e_o} \log \frac{P'_{o} + \Delta P}{P'_{c}} \\ S_{ci} &= \frac{0,113 \times 1 \text{ m}}{1 + 2,825} \log \frac{2,249}{1,649} \\ &\quad + \frac{1,110 \times 1 \text{ m}}{1 + 2,825} \log \frac{1,649 + 10,2}{2,249} \\ &= 0,3201 \text{ m}\end{aligned}$$

Semua lapisan dihitung pemampatannya sehingga diperoleh total pemampatan akibat beban timbunan setinggi 5 m dengan $q = 9 \text{ t/m}^2$ sebesar 2,9598 m.

5.2.5. Penentuan H_{inisial} – H_{final}

Penentuan H_{inisial} dan H_{final} diperoleh dari perhitungan pemampatan dengan beban (h timbunan) yang bervariasi sehingga diketahui besar S_c dan H_{inisial} yang terjadi. Variasi besar S_c dan H_{inisial} akan menghasilkan grafik regresi yang digunakan untuk menentukan H_{inisial} dan S_c perencanaan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, elevasi akhir yang harus dicapai dalam perencanaan adalah setinggi +3,2., Sehingga H_{final} yang digunakan dalam perencanaan dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_{\text{final}} &= \text{Elevasi akhir rencana} - \text{elevasi rata - rata zona 6} \\ &= (+3,2) - (+1,77) \\ &= 1,43 \text{ m} \end{aligned}$$

H_{final} untuk Zona 6.1, dan 6.2 memiliki tinggi yang sama yaitu 1,43 m. Perhitungan untuk menentukan H_{inisial} dan H_{final} dilakukan dengan langkah – langkah berikut:

1. Penentuan besar pemampatan dengan h timbunan bervariasi

Dalam perencanaan ini digunakan H timbunan 2 meter, 3 meter, 4 meter, dan 5 meter. Perhitungan besar pemampatan untuk semua variasi beban timbunan ditunjukkan pada Tabel L5.2 hingga Tabel L5.4 di Lampiran 5.

2. Penentuan H_{inisial}

H_{inisial} dihitung menggunakan Persamaan (2.18), untuk $H_{\text{timb}} = 5 \text{ m}$. $q = (1,8 \text{ t/m}^3 \times 5 \text{ m}) = 9 \text{ t/m}^2$, maka:

$$\begin{aligned} H_{\text{inisial}} &= \frac{9 + (1,8 + 1 - 1,8) \text{ t/m}^3 \times 2,9598 \text{ m}}{1,8 \text{ t/m}^3} \\ &= 6,644 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan H_{final} akibat beban timbunan 5 m ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{final}} &= H_{\text{inisial}} + H_{\text{paving}} - H_{\text{trafik}} - Sc \\
 &= 6,644 \text{ m} + 0,10 \text{ m} - (1/1,8) \text{ m} - 2,960 \text{ m} \\
 &= 3,229 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi H inisial, Sc, dan H final pada zona 6.1. akibat beban timbunan yang bervariasi ditunjukkan pada Tabel 5.3

Tabel V.3. H inisial, Sc, dan H final untuk timbunan bervariasi pada Zona 6.1.

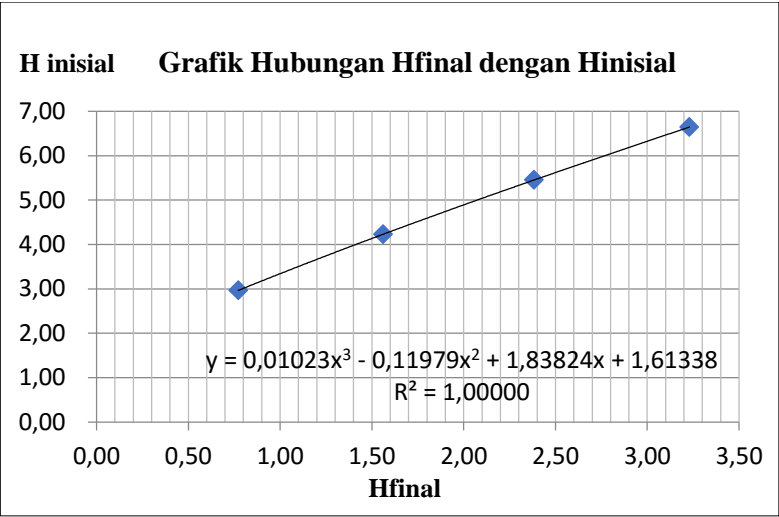
H tim	q timbunan	H inisial	H paving	H trafik	Sc	H final	Elevasi akhir
(m)	(t/m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
2	3,6	2,966	0,10	0,56	1,738	0,772	2,545
3	5,4	4,230	0,10	0,56	2,213	1,561	3,334
4	7,2	5,452	0,10	0,56	2,613	2,383	4,156
5	9	6,644	0,10	0,56	2,960	3,229	5,003

3. Penentuan H inisial dan Sc perencanaan

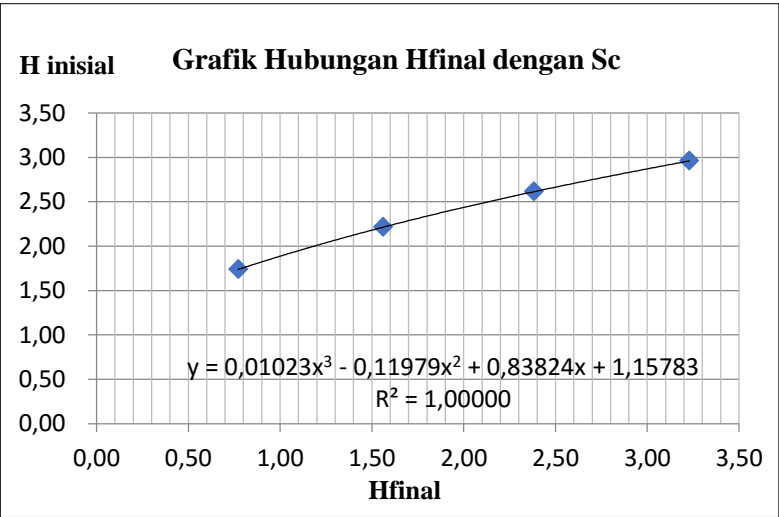
H inisial dan Sc perencanaan diperoleh dengan membuat kurva hubungan antara H_{final} dengan H_{inisial} dan H_{final} dengan Sc. Kurva tersebut menghasilkan suatu persamaan untuk menentukan nilai H inisial dan Sc perencanaan. Persamaan regresi yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 5.13. dan Gambar 5.14. Dengan memasukkan nilai $H_{\text{final}}(x)=1,43 \text{ m}$ diperoleh:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{inisial}} &= 0,01023x^3 - 0,11979x^2 + 1,83824x + 1,61338 \\
 &= 0,01023(1,43^3) - 0,11979(1,43^2) + 1,83824 \\
 &\quad (1,43) + 1,61338 \\
 &= 4,021 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sc &= 0,01023x^3 - 0,11979x^2 + 0,83824x + 1,15783 \\
 &= 0,01023(1,43^3) - 0,11979(1,43^2) + 0,83824 \\
 &\quad (1,43) + 1,15783 \\
 &= 2,139 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar V.13. Hubungan antara H_{final} dengan H_{inisial} zona 6.1.



Gambar V.14. Hubungan antara H_{final} dengan Sc zona 6.1.

Berdasarkan langkah – langkah tersebut, dihitung perencanaan H inisial pada semua zona dan diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.4. dan Tabel 5.5.

Tabel V.4. Rekapitulasi H inisial dan Sc perencanaan pada Setiap Zona (Zona 1 – Zona 4)

Zona	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Elevasi Tanah Dasar	2,61		1,29		1,92		1,32	
H final (m)	0,59		1,91		1,28		1,88	
Hinisial (m)	2,58	2,02	4,58	4,13	3,02	2,59	3,86	3,46
Sc (m)	1,54	1,15	2,21	1,94	1,24	1,03	1,53	1,31

Tabel V.5. Rekapitulasi H inisial dan Sc perencanaan pada Setiap Zona (Zona 5 – Zona 6)

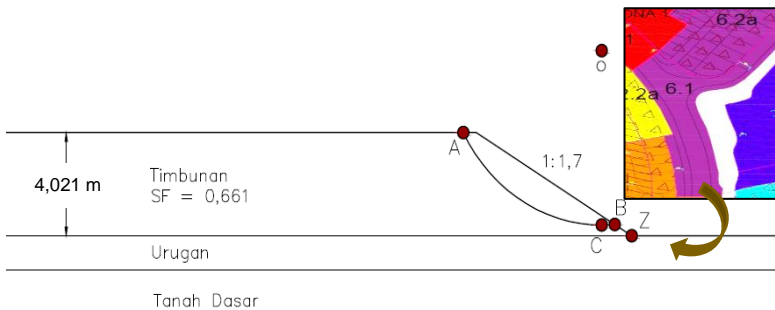
Zona	Zona 5		Zona 6		Zona 7		Zona 8	
	5.1	5.2	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2
Elevasi Tanah Dasar	1,50		1,77		1,47		1,18	
H final (m)	1,70		1,43		1,73		2,02	
Hinisial (m)	4,36	3,82	4,02	3,50	4,66	4,15	4,46	4,03
Sc (m)	2,21	1,84	2,14	1,80	2,47	2,14	1,99	1,73

5.2.6. Kontrol Stabilitas Timbunan

Stabilitas timbunan rencana dikontrol dengan menggunakan xstabl. Timbunan direncanakan harus mampu mencapai SF rencana yaitu 1,3. Berikut adalah langkah – langkah yang dilakukan untuk mengontrol stabilitas timbunan

1. Angka keamanan untuk Hinisial

Dalam perencanaan timbunan *preloading* diperlukan kontrol terhadap stabilitas timbunan agar tidak terjadi sliding. Kontrol sliding dilakukan dengan menggunakan program xstabl di lereng timbunan (satu sisi dekat sungai atau laguna). Berdasarkan hasil xstabl, diperoleh data – data:



Gambar V.15. Geometri timbunan di zona 6.1. di tepi laguna

Berdasarkan perhitungan menggunakan xstabl diperoleh geometri timbunan sebagai berikut :

- Lebar timbunan (B) = 42 m
- H inisial = 4,021 m
- SFmin = 0,661
- R (jari-jari kelongsoran) = 7,07 meter
- Koordinat dasar timbunan di titik Z
- Xz = 107 m
- Yz = 25,84 m
- Koordinat pusat bidang longsor
- Xo = 105,65 m
- Yo = 33,22 m
- Koordinat dasar bidang longsor (merupakan hasil plot di autocad)
- Xc = 105,65 m
- Yc = 26,25 m

Koordinat batas longsor

$X_a = 99,408 \text{ m}$

$Y_a = 30 \text{ m}$

$X_b = 106,238 \text{ m}$

$Y_b = 26,274 \text{ m}$

2. Tinggi timbunan kritis

SF timbunan yang digunakan untuk perencanaan adalah 1,3 sehingga untuk memperoleh SF mendekati 1,3 maka tinggi timbunan yang dicapai adalah 2 m. Hasil tersebut diperoleh dengan kontrol stabilitas menggunakan tinggi timbunan (H inisial) coba – coba pada program xstabl. Hasil output program xstabl untuk H kritis ditunjukkan pada Tabel L5.5 di Lampiran 5

5.2.7. Perencanaan Vertikal Drain (PVD)

Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dilakukan untuk mempercepat pemampatan sehingga pemampatan mencapai derajat konsolidasi 90% dalam waktu yang diharapkan. Perencanaan PVD timbunan *preloading* dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan waktu pemampatan tanpa PVD

Perhitungan waktu konsolidasi sebelum pemasangan PVD dilakukan untuk menentukan perlu atau tidaknya pemasangan PVD pada Zona 6.1.. Data tanah yang digunakan dalam perhitungan tersebut adalah data tanah *compressible* pada Tabel 5.6. Waktu konsolidasi dihitung hingga mencapai $U_v = 90\%$, dengan data timbunan yang telah diperoleh sebelumnya yaitu $H_{\text{final}} = 1,43 \text{ m}$, $H_{\text{inisial}} = 4,021 \text{ m}$, dan $Sc = 2,139 \text{ m}$.

Tabel V.6. Data Tanah *Compressible* berdasarkan Data Tanah Zona 6

Lapisan ke-	Cv (cm ² /s)	Ch (cm ² /s)	Hi (m)	γ_{sat} (t/m ³)	eo	Cc	Cs
1	Lapisan porus (Urugan)						
2	0,000265	0,000795	0,6	1,438	2,825	1,110	0,113
3	0,000265	0,000795	1	1,438	2,825	1,110	0,113
4	0,000265	0,000795	1	1,438	2,825	1,110	0,113
5	0,00016	0,00048	1	1,393	3,265	1,683	0,165
6	0,00016	0,00048	1	1,393	3,265	1,683	0,165
7	0,00016	0,00048	1	1,393	3,265	1,683	0,165
8	0,00016	0,00048	1	1,393	3,265	1,683	0,165
9	0,00017	0,00051	1	1,426	2,970	1,573	0,171
10	0,00017	0,00051	1	1,426	2,970	1,573	0,171
11	0,00017	0,00051	1	1,426	2,970	1,573	0,171
12	0,00017	0,00051	1	1,426	2,970	1,573	0,171
13	0,00017	0,00051	1	1,426	2,970	1,573	0,171
14	0,050105	0,150315	1	1,426	2,970	1,573	0,171
15	0,050105	0,150315	1	1,426	2,970	1,573	0,171
16	Lapisan porus (Pasir)						
17	Lapisan porus (Pasir)						
18	0,00012	0,00036	1	1,640	1,463	0,846	0,169
19	0,00012	0,00036	1	1,640	1,463	0,846	0,169
20	0,00012	0,00036	1	1,640	1,463	0,846	0,169

Berdasarkan Tabel 4.15., lapisan 1, 16, dan 17 merupakan lapisan porus (dominan pasir) sehingga lapisan *compressible* terbagi menjadi dua. Lapisan

compressible 1 merupakan lapisan ke – 2 hingga lapisan ke – 15 yang merupakan lapisan aliran dua arah (*double drainage*). Lapisan *compressible* 2 merupakan lapisan ke – 18 hingga 20 yang merupakan aliran satu arah (*single drainage*). Tebal lapisan *compressible* 1 (H_{dr1}) adalah 14 m dan tebal lapisan *compressible* 2 (H_{dr2}) adalah 3 m. Nilai c_v rata – rata untuk lapisan *compressible* 1 dihitung dengan persamaan (2.8) sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} C_{v_{gabungan\ 1}} &= 0,000245 \text{ cm}^2/\text{s} \\ &= 0,773540 \text{ m}^2/\text{tahun} \\ &= 0,014835 \text{ m}^2/\text{minggu} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama nilai c_v rata – rata untuk lapisan *compressible* 2 adalah:

$$\begin{aligned} C_{v_{gabungan\ 2}} &= 0,000120 \text{ cm}^2/\text{s} \\ &= 0,378432 \text{ m}^2/\text{tahun} \\ &= 0,007258 \text{ m}^2/\text{minggu} \end{aligned}$$

Waktu konsolidasi yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan (2.5), sedangkan nilai T_{90} diperoleh dari Tabel 2.3., untuk $U = 90\%$ nilai $T_v = 0,848$

Sehingga,

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{0,848 \times (13 \text{ m})^2}{0,773540 \text{ m}^2/\text{tahun}} \\ &= 50,69 \text{ tahun} \\ t_2 &= \frac{0,848 \times (3 \text{ m})^2}{0,378432 \text{ m}^2/\text{tahun}} \\ &= 20,17 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Karena waktu pemampatan lapisan *compressible* 1 (t_1) terjadi lebih lama, maka C_v yang digunakan dalam perencanaan PVD adalah C_v lapisan *compressible* 1.

Sebelum melakukan perhitungan kebutuhan PVD, terlebih dahulu dilakukan pengecekan terhadap besar pemampatan pada umur rencana jalan (10 tahun) sehingga diketahui apakah penggunaan PVD memang dibutuhkan atau tidak. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (2.6), (2.7), (2.9), dan (2.10) sehingga diperoleh besarnya pemampatan tanah dasar (Sc) pada umur rencana jalan sesuai Tabel 5.7.

Tabel V.7. Pemampatan yang Terjadi pada Umur Rencana Jalan
(Tinggi timbunan = 4,021 m)

Tahun ke	T_v	U_v (%)	Sc (cm)
1	0,017	0,1459	28,102
2	0,033	0,2064	39,742
3	0,050	0,2528	48,674
4	0,067	0,2919	56,204
5	0,084	0,3263	62,838
6	0,100	0,3575	68,836
7	0,117	0,3861	74,351
8	0,134	0,4128	79,484
9	0,151	0,4378	84,306
10	0,167	0,4615	88,866

Pemampatan tanah dasar untuk mencapai $U = 90\%$ terjadi dalam waktu yang lama yaitu 50,69 tahun. Sedangkan pemampatan yang terjadi pada umur rencana jalan (10 tahun) sebesar 88,86 cm. Pemampatan yang akan terjadi masih tersisa sebesar $2,139 - 0,888 = 1,2504$ m. Oleh karena itu perlu dipasang PVD agar sisa pemampatan tidak merusak struktur perkerasan jalan.

2. Waktu pemampatan dengan penggunaan PVD

Prefabricated vertical drain dapat mempercepat waktu konsolidasi karena keluarnya air pori penyebab pemampatan tidak hanya melalui arah vertikal tetapi juga arah horizontal. Perhitungan konsolidasi menggunakan PVD dapat dihitung dengan Persamaan (2.20). Karena nilai C_h berkisar 2 hingga 5 kali C_v , dalam perencanaan ini diasumsikan $C_h = 3 \times C_v$. Diameter equivalent (D) PVD dihitung menggunakan Persamaan (2.22), dimana $D = 1,05 S$ untuk pola pemasangan segitiga dan $D = 1,13S$ untuk pola pemasangan segiempat. Sedangkan faktor hambatan oleh PVD dihitung menggunakan persamaan (2.23). PVD yang digunakan adalah PVD CeTeau-Drain (CT-D822) yang memiliki lebar (a) = 100 mm dan tebal (b) = 4mm dengan spesifikasi detail terlampir pada Gambar L4.1. Rekapitulasi perhitungan faktor hambatan ditampilkan pada Tabel 5.11 untuk pola pemasangan segitiga dan tabel 5.12 untuk pola pemasangan segiempat

Tabel V.8. Perhitungan Faktor Hambatan PVD untuk Pola Pemasangan Segitiga

Jarak PVD	D	A	b	Dw	n	F(n)
(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
1,50	1575	100	4	66,21	23,79	2,423
1,25	1312,5	100	4	66,21	19,82	2,242
1,00	1050	100	4	66,21	15,86	2,021
0,80	840	100	4	66,21	12,69	1,800

Tabel V.9. Perhitungan Faktor Hambatan PVD untuk Pola Pemasangan Segiempat

Jarak PVD	D	A	b	Dw	n	F(n)
(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
1,50	1695	100	4	66,21	25,60	2,496
1,25	1412,5	100	4	66,21	21,33	2,315
1,00	1130	100	4	66,21	17,07	2,093
0,80	904	100	4	66,21	13,65	1,873

Perhitungan derajat konsolidasi arah horizontal dan vertikal untuk setiap jarak PVD dilakukan dengan memasukkan hasil perhitungan faktor hambatan ke dalam Persamaan (2.21). Kurva hasil perhitungan PVD dengan jarak dan pola bervariasi ditampilkan pada Gambar L5.3 dan Gambar L5.4 di Lampiran 5. Pola pemasangan dan jarak spasi PVD dipilih berdasarkan waktu konsolidasi yang paling efektif, yaitu tidak melebihi waktu penyelesaian pemampatan yang diijinkan dalam perencanaan. Waktu penyelesaian pemampatan yang diijinkan adalah 6 bulan. Sehingga dalam perencanaan ini dipilih pola pemasangan segitiga dengan jarak (S) = 0,8 m dengan alasan dapat menyelesaikan konsolidasi dalam waktu kurang dari 24 minggu sehingga pemakaian PVD menjadi efektif. Hasil perhitungan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga dengan jarak (S) = 0,8 m ditunjukkan pada Tabel 5.10, hasil tersebut akan digunakan dalam perencanaan timbunan bertahap.

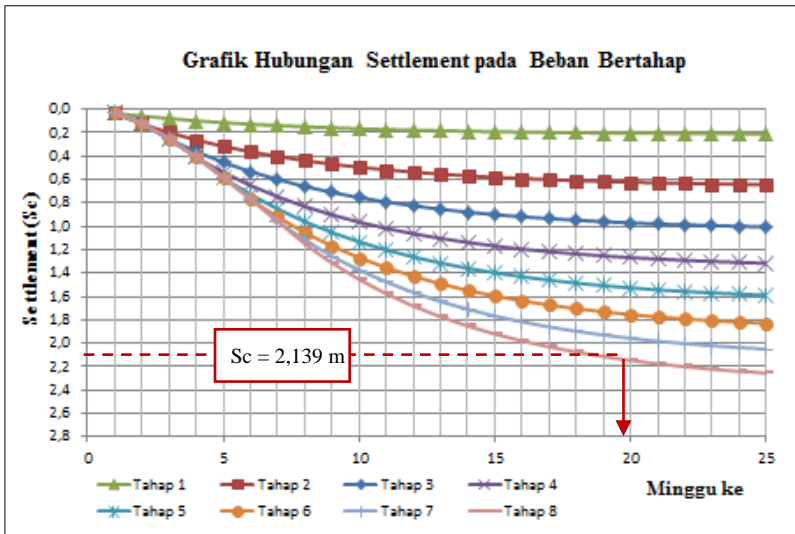
Tabel V.10. Derajat Konsolidasi Total Pola Pemasangan Segitiga dengan Jarak (S) = 0,80 m

Minggu ke (t)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0003	0,0202	0,1308	14,8338
2	0,0006	0,0286	0,2444	26,6035
3	0,0010	0,0350	0,3432	36,6234
4	0,0013	0,0404	0,4291	45,2203
5	0,0016	0,0452	0,5038	52,6206
6	0,0019	0,0495	0,5687	59,0024
7	0,0022	0,0535	0,6251	64,5124
8	0,0026	0,0572	0,6741	69,2734
9	0,0029	0,0606	0,7167	73,3897
10	0,0032	0,0639	0,7538	76,9503
11	0,0035	0,0670	0,7860	80,0313
12	0,0038	0,0700	0,8140	82,6980
13	0,0042	0,0729	0,8383	85,0068
14	0,0045	0,0756	0,8594	87,0062
15	0,0048	0,0783	0,8778	88,7378
16	0,0051	0,0808	0,8938	90,2378
17	0,0055	0,0833	0,9077	91,5374
18	0,0058	0,0857	0,9198	92,6634
19	0,0061	0,0881	0,9302	93,6392
20	0,0064	0,0904	0,9394	94,4849
21	0,0067	0,0926	0,9473	95,2179
22	0,0071	0,0948	0,9542	95,8532
23	0,0074	0,0969	0,9602	96,4040
24	0,0077	0,0990	0,9654	96,8814

3. Penentuan jadwal pertambahan beban preloading sesuai dengan kenaikan daya dukung lapisan tanah dasar
Berdasarkan data sebelumnya, direncanakan penimbunan untuk zona 6.1 setinggi 4,021 m (H_{inisial}) dengan kecepatan penimbunan setinggi 50 cm/minggu. Sehingga tahapan penimbunan yang dibutuhkan sebanyak:

$$n = 4,021 \text{ m} / 0,5 \text{ m} = 8 \text{ tahap}$$

Tinggi penimbunan seharusnya disesuaikan dengan tinggi timbunan kritis (H_{cr}) yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar. Namun karena kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan di Zona 6.1 diakibatkan kemiringan lereng yang terlalu curam maka daya dukung tanah dasar sebenarnya masih mampu menahan timbunan setinggi H inisial perencanaan. Oleh karena itu penimbunan untuk tahap 1 – 8 dapat dilakukan secara terus menerus dengan penambahan perkuatan lereng menggunakan *geotextile*. Tahapan penimbunan dihitung dengan Persamaan (2.27), (2.28), (2.29). dan perubahan tegangan di tiap lapisan tanah dihitung menggunakan Persamaan (2.30) dan (2.31). Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh rekapitulasi grafik pemampatan akibat beban bertahap yang ditunjukkan pada Gambar 5.16. Pemampatan sebesar $S_c = 2,139 \text{ m}$ pada penimbunan bertahap dapat diselesaikan dalam waktu 20 minggu.

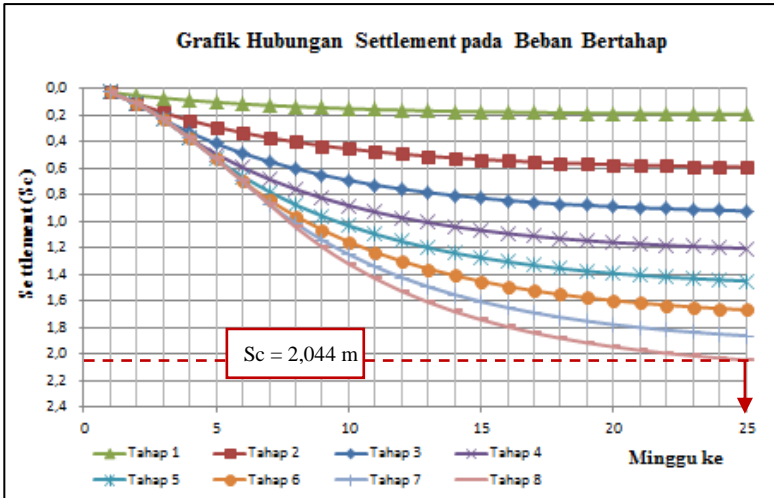


Gambar V.16. Pemampatan (Sc) akibat beban bertahap PVD sedalam tanah lunak

5.2.8. Kontrol Efektivitas Vertikal Drain (PVD)

Efektivitas PVD dianalisis dengan melakukan variasi pemasangan kedalaman PVD. Pada perencanaan di zona 6.1. terdapat lapisan porus di tengah – tengah lapisan tanah lunak sehingga perhitungan lapisan *compressible* terbagi menjadi 2 dan nilai C_v yang digunakan dalam perhitungan hanya nilai C_v pada lapisan yang memiliki waktu pemampatan terlama. Oleh karena itu, kedalaman PVD juga dianalisis dengan pemasangan sedalam lapisan *compressible* 1 yaitu 15 m dari elevasi muka tanah. Jika dibandingkan pemasangan penuh yaitu 20 m, perbedaaan hanya terletak pada waktu penyelesaian pemampatan. Pada pemasangan PVD sedalam 15 m pemampatan dapat diselesaikan dalam waktu 25 minggu dengan menyisakan penurunan sebesar $2,139 - 2,044 = 0,095$ m (Gambar 5.17), penurunan tersebut mampu menyebabkan kerusakan jalan sehingga harus dilakukan perbaikan paving dalam kurun waktu operasi jalan. Namun jika

dilakukan pemasangan PVD sedalam tanah lunak, pemampatan dapat selesai pada minggu ke 21. Sehingga ketika jalan dibangun tidak ada lagi penurunan tanah yang terjadi.



Gambar V.17. Pemampatan (S_c) akibat beban bertahap PVD sedalam 15m

Dalam tugas akhir ini tidak direncanakan overlay atau perbaikan jalan paving pada masa operasi jalan. Oleh karena itu perencanaan perbaikan tanah yang dipilih di Zona 6.1. adalah sebagai berikut :

- a) Pola pemasangan PVD = Segitiga
- b) Jarak antar PVD = 0,8 m
- c) Kedalaman PVD = 20 m
- d) Tipe PVD = CeTeau-Drain (CT-D822)
 - Lebar (a) = 100 mm
 - Tebal (b) = 4 mm

t mencapai S_c perencanaan < t (waktu) ijin
 21 minggu < 24 minggu (**OK!**)

Rekapitulasi perhitungan untuk zona lainnya ditunjukkan pada Bab 5.2.11

5.2.9. Peningkatan Daya Dukung Tanah

Perbaikan tanah menyebabkan daya dukung tanah meningkat. Dengan adanya peningkatan daya dukung tanah, maka nilai C_u yang digunakan dalam perencanaan pondasi adalah nilai C_u baru. Perhitungan dilakukan ketika derajat konsolidasi mencapai waktu 24 minggu dikarenakan kontruksi pondasi baru akan dilaksanakan pada minggu ke 25. Perhitungan C_u baru hanya dilakukan pada zona yang akan dijadikan rumah tinggal yaitu Zona 1.2, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2, dan 8.2. Contoh perhitungan nilai C_u baru dilakukan pada Zona 6.2. di kedalaman 4 – 5 m, yaitu sebagai berikut:

Diketahui dari perhitungan beban bertahap dengan tebal lapisan penimbunan per tahap adalah 50 cm sehingga,

$$\begin{aligned} q_o &= h_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{timbunan}} \\ &= 0,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ t/m}^3 \\ &= 0,9 \text{ t/m}^2 \\ \sigma'_1 &= (I \times q_o) + p'_o \\ &= (1 \times 0,9 \text{ t/m}) + 2,393 \text{ t/m}^2 \\ &= 3,2927 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \Delta P_1 &= \left(\frac{\sigma'_1}{p'_o} \right)^{U_1} p'_o - p'_o \\ &= \left(\frac{3,2927}{2,393} \right)^{0,9688} \times 2,393 - 2,393 \\ &= 0,8674 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai ΔP untuk tahap kedua sampai keenam ditunjukkan pada Tabel L5.7 di Lampiran 5. Sehingga tegangan tanah ditinjau kembali dengan menggunakan persamaan (2.31) menjadi:

$$\begin{aligned} \sigma'_{(\text{baru})} &= P_o + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_6 \\ &= 2,393 + 0,8674 + \dots + 0,9222 \\ &= 8,44506 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan tegangan total tersebut, dihitung nilai Cu baru tanah pada kedalaman yang sama (4 – 5 m) dengan menggunakan persamaan (2.32) dan (2.33), diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Cu} &= [0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \text{ PI})] \times 1,295 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,22 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2,22 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai Cu baru untuk semua kedalaman pada Zona 6.2. ditabelkan pada Tabel 5.11.

Tabel V.11. Perubahan nilai Cu pada minggu ke 24

Kedalaman	PI	Cu Lama	Cu Baru
(m)	%	(t/m ²)	(t/m ²)
0-1,4	0	0	1,73
1,4-2	61,5	1	1,90
2-3,5	61,5	1	2,02
3,5-4	61,5	1	2,14
4-5	54,5	1	2,22
5-6	54,5	1	2,32
6-7	54,5	1	2,43
7-8	54,5	1	2,53
8-9	54,5	1	2,64
9-10	60,0	1	2,75
10-11	60,0	1	2,86
11-12	60,0	1	2,97
12-13	60,0	1	3,08
13-14	60,0	1	3,20
14-15	60,0	1	3,31
15-16	0	0,3	3,53
16-17	0	0,3	3,84
17-18	13,7	2,31	4,07
18-19	13,7	2,31	4,24
19-20	13,7	2,31	4,41

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada semua zona, diperoleh rekapitulasi Cu baru untuk lapisan tanah lunak pertama yang ditunjukkan pada Tabel 5.12.

Tabel V.12. Perubahan Nilai Cu di Semua Zona Pada Akhir Minggu Ke 24

Zona	Kedalaman	Cu Lama	Cu Baru
	(m)	(t/m ²)	(t/m ²)
1	1,2 – 2	1	1,16
2	1,4 – 2	1	2,05
3	2,5 – 3	1	1,69
4	2 – 3	1	1,93
5	3 – 4	1	2,38
6	1,4 – 2	1	1,90
7	1,5 – 2	1	2,20
8	2 – 3	1	2,24

5.2.10. Perencanaan Perkuatan Lereng (Geotextile)

Perencanaan perkuatan lereng diperlukan karena tepi jalan hingga ke tepi laguna hanya berjarak 7 m sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan perencanaan kemiringan timbunan 1:2 atau lebih. Pengecekan untuk kemiringan hingga 7 m dilakukan dengan program xstabl dan diperoleh SF sebesar 0,661. SF tersebut tidak memenuhi SF perencanaan stabilitas timbunan sebesar 1,3. Oleh karena itu dilakukan pemasangan *geotextile* pada bidang longsor dengan menggunakan data geometri timbunan sebelumnya. Perencanaan geotextile dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut:

1. Penentuan momen penahan tambahan dengan SF = 1,3
SF yang digunakan dalam perencanaan sebesar 1,3, sedangkan SF yang terjadi pada timbunan sebesar 0,661. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan

persamaan (2.35), persamaan (2.36) dan persamaan (2.37) dengan nilai $MR_{min} = 291,3 \text{ kNm}$ diperoleh:

$$M_{dorong} = \frac{291,3}{0,661} = 440,6959 \text{ kNm}$$

$$M_{rencana} = 440,6959 \times 1,3 = 572,9047 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_R = 572,9047 \text{ kNm} - 291,3 \text{ kNm} = 281,6047 \text{ kNm}$$

2. Perhitungan kekuatan geotextile yang diijinkan

Kekuatan geotextile yang diijinkan diperoleh dari perhitungan menggunakan Persamaan (2.38). Dengan nilai FS_{id} , FS_{cr} , FS_{cd} , dan FS_{bd} ditentukan sebagai berikut:

$$FS_{id} = 1,5$$

$$FS_{cr} = 3,0$$

$$FS_{cd} = 1,25$$

$$FS_{bd} = 1,15$$

Geotextile yang digunakan adalah geotextile non woven dengan tipe UNW-700 (spesifikasi detail terdapat pada Gambar L4.2 di Lampiran). Kekuatan tarik maximum geotextile tersebut adalah sebesar 30 kN/m . Sehingga,

$$T_{ijin} = \frac{30 \text{ kN/m}}{1,5 \times 3,0 \times 1,25 \times 1,15} = 4,637 \text{ kN/m}$$

3. Perhitungan panjang geotextile dibelakang bidang longsor

Panjang geotextile di belakang bidang longsor dihitung dengan Persamaan (2.39), (2.40), dan (2.41). Berikut adalah contoh perhitungan untuk pemasangan *geotextile* pada kedalaman timbunan (h) = $4,185 \text{ m}$. *Geotextile* dipasang sebanyak dua lembar untuk tiap lapisan. Data timbunan yang direncanakan adalah sebagai berikut:

$$H_1 = 4,021 \text{ meter}$$

$$\gamma_{tim} = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{v1} &= \gamma_{\text{tim}} \times H_1 \\
&= 18 \text{ kN/m}^3 \times 4,185 \text{ meter} \\
&= 75,33 \text{ kN/m}^2 \\
Cu_1 &= 0 \\
\phi_1 &= 30^\circ \\
\tau_1 &= Cu_1 + \sigma_{v1} \tan \phi_1 \\
&= 0 + (75,33 \text{ kN/m}^2) \times \tan 30^\circ \\
&= 42,43 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Sedangkan data lapisan bawah geotextile terbawah merupakan tanah urugan dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\sigma_{v2} &= \gamma_{\text{tim}} \times H_1 \\
&= 18 \text{ kN/m}^3 \times 4,021 \text{ meter} \\
&= 75,33 \text{ kN/m}^2 \\
Cu_2 &= 0 \\
\phi_1 &= 30^\circ \\
\tau_2 &= Cu_1 + \sigma_{v2} \tan \phi_1 \\
&= 0 + (73,4886 \text{ kN/m}^2) \times \tan 28^\circ \\
&= 43,39 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

Geotextile direncanakan dipasang sebanyak dua lembar pada tiap lapisan, sehingga Tijin di belakang bidang longsor harus dikalikan dua

$$\begin{aligned}
Le &= \frac{2 \times 4,637 \times 1,3}{(42,43 + 43,39) \times 0,8} \text{ m} \\
Le &= 0,18 \text{ m}
\end{aligned}$$

4. Penentuan kebutuhan geotextile

Kebutuhan geotextile ditentukan dengan menggunakan Persamaan (2.42), (2.43), dan (2.44). Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh

$$\begin{aligned}
Ti &= 33,22 \text{ m} - 25,84 \text{ m} \\
&= 7,38 \text{ m} \\
M_{\text{geotextile}} &= 2 \times 4,637 \text{ kN} \times 7,38 \text{ m} \\
&= 1554,673 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Nilai $\Sigma M_{geotextile}$ diperoleh dari penjumlahan $M_{geotextile}$ per lapisan

5. Perhitungan panjang total *geotextile*

Panjang total *geotextile* dihitung dengan menjumlahkan L_e , L_d , dan L lipatan (L_o). Nilai L_e diperoleh dari Persamaan (2.39) sedangkan nilai L_d diperoleh dari hasil gambar di program autocad (ditunjukkan pada Gambar L6.5 di lampiran). Nilai L_{total} diperoleh dengan Persamaan (2.45) dan berdasarkan perhitungan tersebut ditentukan L_o untuk semua lapisan sebesar 1 meter. Rekapitulasi perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5.13

Tabel V.13. Hasil Perhitungan Momen Penahan oleh Geotextile dan Panjang Geotextile yang Dibutuhkan

Lapisan	H_i	T_i	τ_1	τ_2	$M_{geotextile}$	$\Sigma M_{geotextile}$	L_e	L_d	L_o	L_{total}
(n)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN.m)	(kN.m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	4,021	7,38	42,43	43,49	68,45	68,45	0,18	1,56	1	3,73
2	3,685	6,88	38,30	38,30	63,81	132,27	0,20	2,46	1	4,66
3	3,185	6,38	33,10	33,10	59,18	191,44	0,23	2,58	1	4,80
4	2,685	5,88	27,90	27,90	54,54	245,98	0,27	2,44	1	4,71
5	2,185	5,38	22,71	22,71	49,90	295,88	0,33	2,15	1	4,49
6	1,685	4,88	17,51	17,51	45,26	341,15	0,43	1,77	1	4,20

Setelah dilakukan perhitungan dengan bantuan Tabel 5.14. diperoleh perencanaan lereng timbunan di zona 6.1. di tepi laguna sebagai berikut :

- Jumlah lembar *geotextile* tiap kedalaman = 2 lembar
- Jumlah total *geotextile* yang digunakan = 8 lembar
- Tebal pemadatan = 50 cm

- d) Panjang geotextile = 5 m (lapisan 1 dari dasar) dan
6 m (lapisan 2 – 5 dari dasar
timbunan)
- e) $\Sigma M_{geotextile}$ = 281,6017 kNm
- f) Tipe *Geotextile* = UNW-700
Kuat Tarik Ultimate = 30 kN/m
Kuat Tarik Ijin = 4,637 kN/m

$$\Sigma M_{geotextile} > \Sigma MR$$

$$39321.873 \text{ kNm} > 39240.89 \text{ kNm (OK!)}$$

5.2.11. Zoning Perbaikan Tanah

Berdasarkan perhitungan perencanaan yang telah dilakukan diperoleh hasil perencanaan untuk semua zona yang ditabelkan pada Tabel 5.14 dan Tabel 5.15

Tabel V.14. Hasil Perhitungan Kebutuhan PVD, H inisial, Hfinal pada Setiap Zona (Zona 1 – Zona 4)

Zona	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Elevasi Tanah Dasar	2,61		1,29		1,92		1,32	
H final (m)	0,59		1,91		1,28		1,88	
Hinisial (m)	2,58	2,02	4,58	4,13	3,02	2,59	3,86	3,46
Sc (m)	1,54	1,15	2,21	1,94	1,24	1,03	1,53	1,31
Jenis PVD	Pola Segitiga							
Jarak PVD (m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Kedalaman PVD (m)	18	18	20	20	19	19	20	20
Waktu mencapai U=90% (minggu)	20	20	20	20	17	17	20	20
Sisa Penurunan	0	0	0	0	0	0	0	0

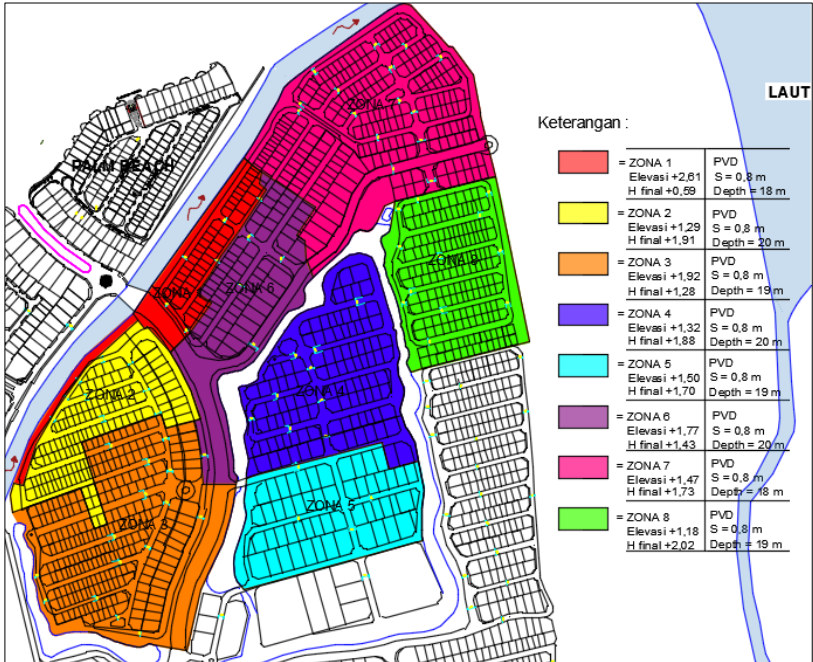
Jumlah tahapan penimbunan	5	4	9	8	6	5	8	7
---------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabel V.15. Hasil Perhitungan Kebutuhan PVD, H inisial, Hfinal pada Setiap Zona (Zona 5 – Zona 8)

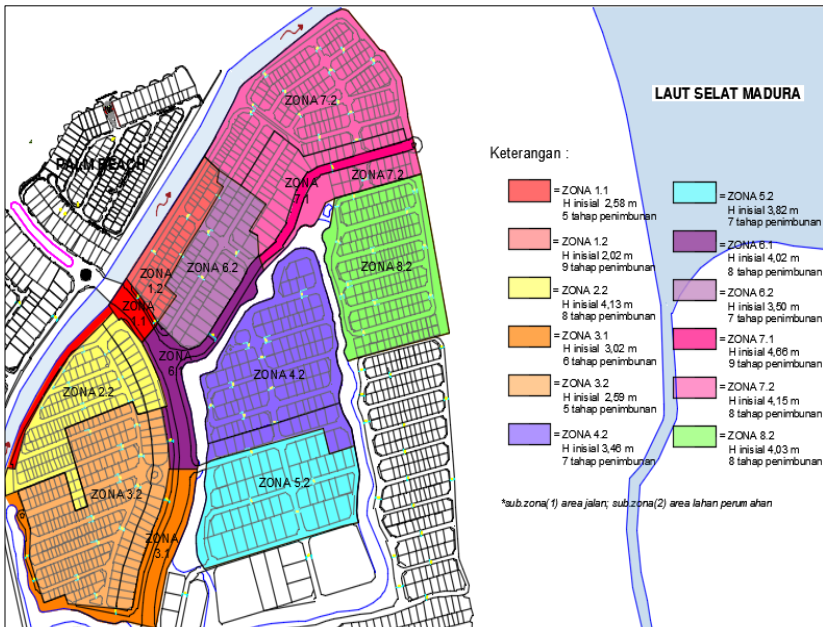
Zona	Zona 5		Zona 6		Zona 7		Zona 8	
	5.1	5.2	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2
Elevasi Tanah Dasar	1,50		1,77		1,47		1,18	
H final (m)	1,70		1,43		1,73		2,02	
Hinisial (m)	4,36	3,82	4,02	3,50	4,66	4,15	4,46	4,03
Sc (m)	2,21	1,84	2,14	1,80	2,47	2,14	1,99	1,73
Jenis PVD	Pola Segitiga							
Jarak PVD (m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Kedalaman PVD (m)	19	19	20	20	18	18	19	19
Waktu mencapai U=90% (minggu)	15	15	16	16	15	15	17	17
Sisa Penurunan	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah tahapan penimbunan	9	7	8	7	9	8	9	8

Hasil perencanaan juga bertujuan untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan sehingga spasi PVD dibuat sama yaitu 0,8 m. Berdasarkan hasil perencanaan diperoleh bahwa dalam satu zona berdasarkan kondisi elevasi tanah yang sama, kedalaman dan jarak PVD juga sama sehingga perencanaan PVD digabungkan dengan peta berdasarkan kondisi tanah dasar. Sehingga peta perencanaan pembagian zona (1) atau Peta-1 mencakup H final, kondisi elevasi rata – rata dan perencanaan PVD yang ditunjukkan pada Gambar 5.18. Sedangkan peta pembagian zona (2) atau Peta-2 mencakup perencanaan tinggi

timbunan preloading dan jumlah tahapan penimbunan yang ditunjukkan pada Gambar 5.19.



Gambar V.18. Peta-1 (Elevasi tanah dasar, H final, Perencanaan PVD)

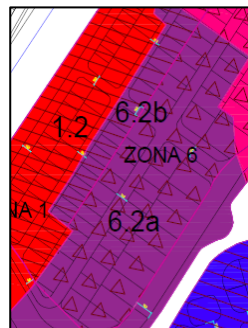


Gambar V.19. Peta-2 (H inisial dan tahap penimbunan)

5.3. Perencanaan Zoning Dimensi Pondasi Dangkal

Perencanaan yang dipilih dalam tugas akhir ini hanya perencanaan pondasi dangkal tanpa membandingkan dengan pondasi dalam dikarenakan pada perencanaan tugas akhir oleh Wahyuni (2013), diperoleh bahwa perencanaan menggunakan pondasi dangkal dikombinasikan dengan perbaikan tanah lebih ekonomis dibandingkan dengan menggunakan pondasi dalam.

Penggunaan pondasi dangkal dan perbaikan tanah juga bertujuan agar semua lokasi di area perumahan mampu



Gambar V.20. Pra desain zonasi pondasi

dibangun tanpa perlu menambah struktur tambahan seperti plat beton pada pekarangan rumah.

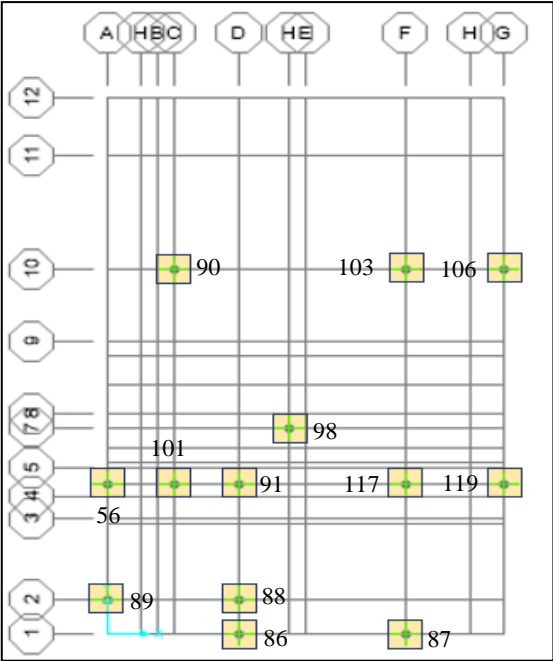
Berdasarkan metodologi yang telah dipaparkan sebelumnya, pemilihan jenis pondasi yang akan diterapkan di semua zona dilakukan dengan menganalisis 2 jenis pondasi pada satu tipe rumah di zona yang sama. Pondasi yang dibandingkan perencanaan ini adalah pondasi menerus dan pondasi telapak pada tipe rumah Blanca di Zona 6.2a.

5.3.1. Perhitungan Beban Struktur Atas

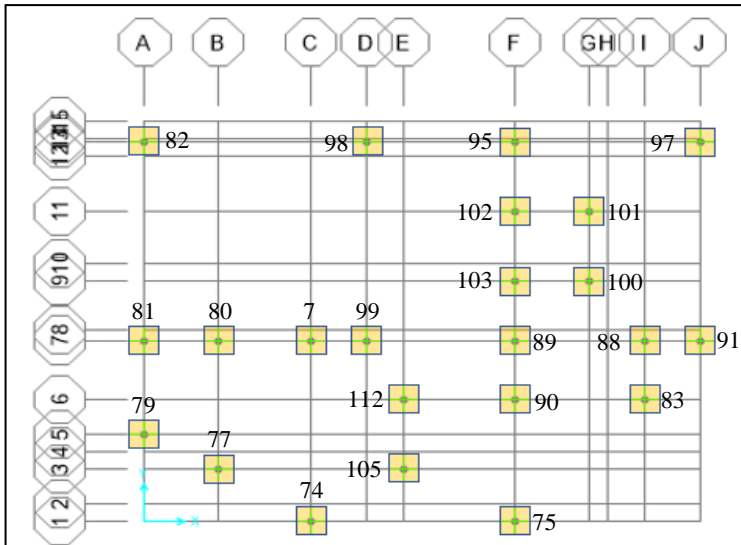
Besar beban yang digunakan dalam perencanaan pondasi adalah beban ultimate dan beban yang ditentukan yaitu 0,5 dari beban ultimate. Pemilihan 2 besar beban sebagai acuan perencanaan pondasi dikarenakan dalam satu tipe bangunan rumah direncanakan terdapat 2 tipe dimensi pondasi. Hal ini bertujuan agar penggunaan pondasi lebih efisien.

5.3.1.1. Pondasi Telapak

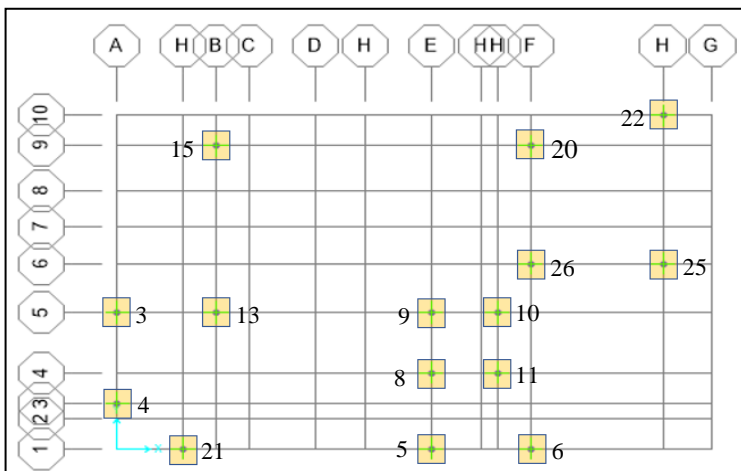
Perhitungan beban tepusat dan momen yang bekerja pada pondasi telapak dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP2000. Perhitungan dilakukan terhadap 10 tipe rumah yang telah dijelaskan pada Bab 4. Pondasi telapak dimodelkan dengan perletakan *joint* pada titik – titik kolom yang akan direncanakan dengan penamaan *joint* seperti yang tertera pada denah. Denah pondasi ditunjukkan pada Gambar 5.21 hingga 5.26. Denah pondasi yang disertakan pada perhitungan untuk rumah tinggal 2 lantai hanya denah pondasi untuk tipe compton, westmont, dan licoln dikarenakan denah tersebut yang akan dijadikan acuan untuk perencanaan pada tipe rumah lantai 2 lainnya agar dimensi tidak terlalu bervariasi.



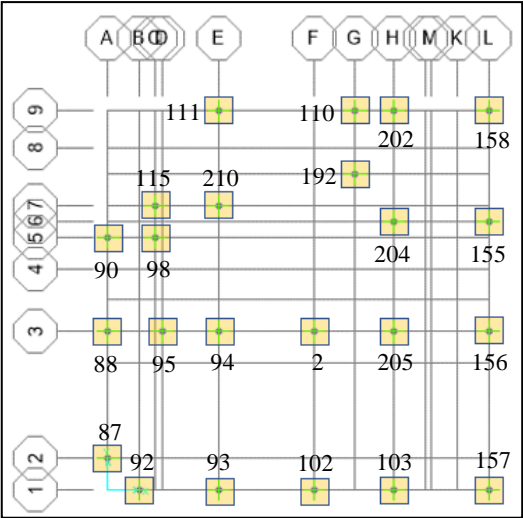
Gambar V.21. Pondasi tipe brazza



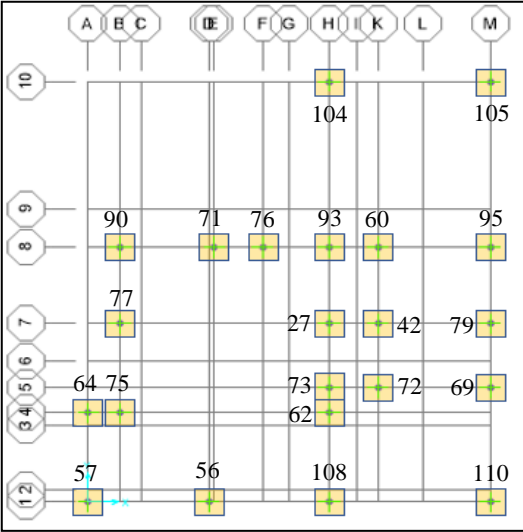
Gambar V.22. Denah pondasi tipe brieva



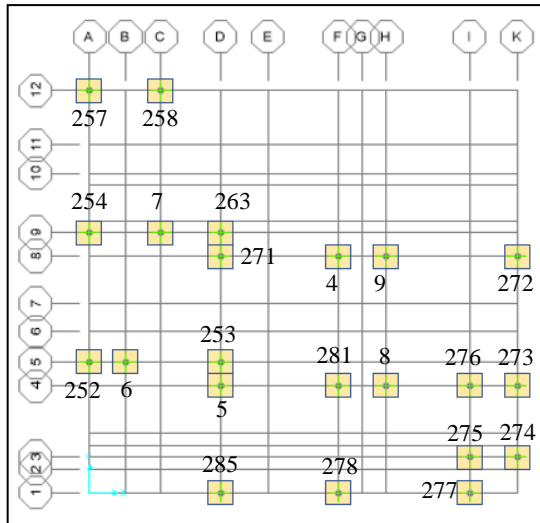
Gambar V.23. Denah pondasi tipe blanca



Gambar V.24. Denah pondasi tipe compton



Gambar V.25. Denah pondasi tipe licoln



Gambar V.26. Denah pondasi tipe westmont

Berdasarkan analisis SAP2000 dengan kombinasi beban 1D + 1L diperoleh hasil sesuai pada tabel L7.1 – tabel L7.10 pada Lampiran 7. Pembebanan disesuaikan dengan SNI terbaru yaitu SNI 1727-2013. Beban hidup terdistribusi minimum pada pelat diaplikasikan sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2$ untuk semua ruang pada rumah kecuali tangga dan balkon dan $0,96 \text{ kN/m}^2$ untuk atap (SNI 1727-2013 tabel 4-1 halaman 26 dan 27). Pemodelan struktur ditunjukkan pada gambar Gambar L5.11 dan L5.12 pada lampiran.

Setiap nilai P dan M dalam sumbu x, y maupun z selanjutnya dijumlahkan menggunakan Persamaan (2.47). Berikut adalah contoh perhitungan q yang terjadi pada pondasi blanca di titik *joint* nomor 13.

Diketahui dari output SAP2000:

$$F1 = -0,160 \text{ ton}$$

$$F2 = -0,080 \text{ ton}$$

$$F3 = 42,887 \text{ ton}$$

$$M1 = -0,121 \text{ tm}$$

$$M_2 = 0,063 \text{ tm}$$

$$P = \frac{F_3}{A} + W_{\text{beton}} + W_{\text{tanah}}$$

$$P = 42,887 \text{ ton} + \left((\gamma_{\text{beton}} \times T \times B^2) + (\gamma_{\text{beton}} \times (D_f - T) \times D^2) \right) + (\gamma_{\text{timbunan}} \times (D_f - T))$$

$$P = 42,887 \text{ ton} + \left((2,4 \times T \times B^2) + (2,4 \times (D_f - T) \times D^2) \right) + (1,8 \times (D_f - T))$$

Dimana:

B = dimensi pondasi (m)

T = tebal pondasi beton (m)

D_f = kedalaman pondasi dari permukaan tanah (m)

D = dimensi kolom pondasi (m)

Perumusan tersebut dikorelasikan dengan perhitungan pondasi, Nilai B dan D_f diperoleh dengan cara coba – coba sedangkan nilai T dan D diasumsikan sebagai berikut:

$$B = 1,5 \text{ m}$$

$$T = 0,25 \text{ m}$$

$$D_f = 1,05 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

diperoleh,

$$P = 42,887 \text{ ton} + \left((2,4 \times 0,25 \times 1,5^2) + (2,4 \times 0,85 \times 0,4^2) \right) + (1,8 \times 0,85)$$

$$P = 47,7841 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} M_x &= M_2 + (F_1 \times D_f) \\ &= 0,063 \text{ tm} + (-0,160 \text{ t} \times 1,05 \text{ m}) \\ &= -0,105 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= M_1 + (F_2 \times D_f) \\ &= -0,121 \text{ tm} + (-0,080 \text{ t} \times 1,05 \text{ m}) \\ &= -0,205 \text{ tm} \end{aligned}$$

maka,

$$q_{ult} = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x X}{I_y} \pm \frac{M_y Y}{I_x}$$

$$q_{ult} = \frac{42,887 \text{ t}}{(1,5)^2} \pm \frac{-0,205 \text{ tm} \times 0,75 \text{ m}}{(1,5^4)/12}$$

$$\pm \frac{-0,105 \text{ tm} \times 0,75 \text{ m}}{(1,5^4)/12}$$

$$q_{ult} = 21,25 \text{ t/m}^2$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, beban atas yang diterima pondasi blanca pada *joint* 13 sebesar $21,25 \text{ t/m}^2$. Beban yang digunakan dalam perencanaan pondasi adalah beban pada *joint* 9 dikarenakan merupakan beban terbesar dibandingkan q_{ult} yang terjadi pada perletakan (*joint*) lain.

Dimensi pondasi dalam satu rumah direncanakan sebanyak 2 jenis, dengan didasarkan pada 2 q_{ult} yang dihasilkan yaitu q_{ult} pada perletakan nomor 13 (Tabel L7.11 di Lampiran 7) dan q_{ult} pada perletakan nomor 8 (Tabel L7.12 di Lampiran 7). Rekapitulasi Qult untuk semua tipe bangunan ditabelkan pada Tabel 5.16. Nilai Qult yang dijadikan acuan untuk setiap tipe dengan jumlah lantai yang sama adalah Qult terbesar. Besar Qult tergantung besar dimensi dari pondasi yang akan diterapkan.

Tabel V.16. Rekapitulasi Qult yang diterima pondasi dengan dimensi pondasi bervariasi.

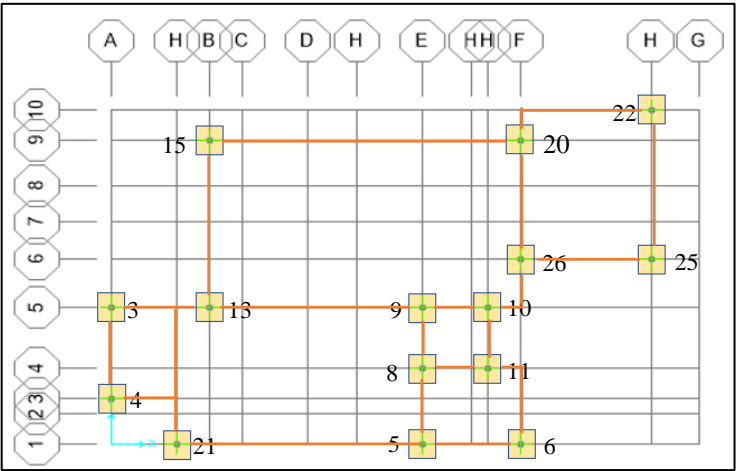
Tipe Rumah	Qult 1, B = 1,5 m	Qult 2, B = 1,3 m	Qult 3, B = 1,4 m	Keterangan
	t/m^2	t/m^2	t/m^2	
Brazza	21,31			Rumah Tinggal 3 Lantai
Brieva	22,44			
Blanca	15,61			
Branson		12,80	11,21	Rumah Tinggal 2
Brewers		17,17	15,01	

Compton		17,42	15,29	Lantai
Catriona		18,57	16,13	
Brinkman		18,92	16,46	
Westmont		20,62	17,93	
Lincoln		19,90	17,40	

5.3.1.2. Pondasi Batu Kali

Perencanaan pondasi menerus batu kali dilakukan terlebih dahulu pada zona 6.2a. Selanjutnya perencanaan ini akan dibandingkan dengan pondasi telapak dari segi biaya.

Seperti yang telah dijelaskan pada metodologi, perhitungan beban yang bekerja pada pondasi menerus dilakukan hanya pada satu tipe rumah yaitu tipe blanca. Pondasi menerus dimodelkan dengan perletakan *joint* yang sama dengan perletakan titik – titik kolom pada pondasi tapak namun penyaluran beban lebih panjang dibandingkan pondasi telapak. Denah perletakan pondasi ditunjukkan pada Gambar 5.27.



Gambar V.27. Denah pondasi menerus tipe blanca

Tegangan dasar pondasi akibat beban dihitung menggunakan Persamaan (2.55). Karena pondasi batu kali tidak dapat menerima beban momen maka perhitungan hanya menyertakan gaya aksial yang terjadi pada tiap perletakan. Perhitungan tegangan total akibat beban atas yang diterima dasar pondasi adalah sebagai berikut:

$$D_f = 0,9 \text{ m}$$

$$B = 0,8 \text{ m}$$

$$G_1 = 40,69 \text{ ton (beban aksial maksimum pada joint 9)}$$

(beban akibat P)

$$G_2 = 0,3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 \times 5,25 \text{ m} = 0,57 \text{ ton}$$

(beban akibat sloof)

$$G_3 = 1,8 \text{ t/m}^3 \times 0,9 \text{ m} \times 5,25 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 8,5 \text{ ton}$$

(beban akibat Wtanah)

$$G_4 = 0,5 \times (0,8 \text{ m} - 0,4 \text{ m}) \times 0,8 \text{ m} \times 2,2 \text{ t/m}^3 \times 5,25 \text{ m}$$

$= 5,54 \text{ ton (beban akibat Wpondasi)}$

L = panjang penampang pondasi bawah (m) ditunjukkan pada Tabel 5.17.

$$\bar{\sigma} = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + G_4}{A}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{40,69 + 0,57 + 8,5 + 2,64}{5,25 \text{ m} \times 0,8}$$

$$\bar{\sigma} = 13,17 \text{ t/m}^2$$

Pada perencanaan menggunakan batu kali ini diperoleh q_{ult} akibat beban atas adalah sebesar $13,17 \text{ t/m}^2$. Perhitungan tegangan dasar pondasi pada masing – masing joint di tunjukkan pada tabel 5.17.

Tabel V.17. Tegangan dasar pondasi menerus pada masing – masing *joint* pondasi rumah tipe Blanca dengan nilai $B = 0,8$ m dan $D_f = 0,9$ m

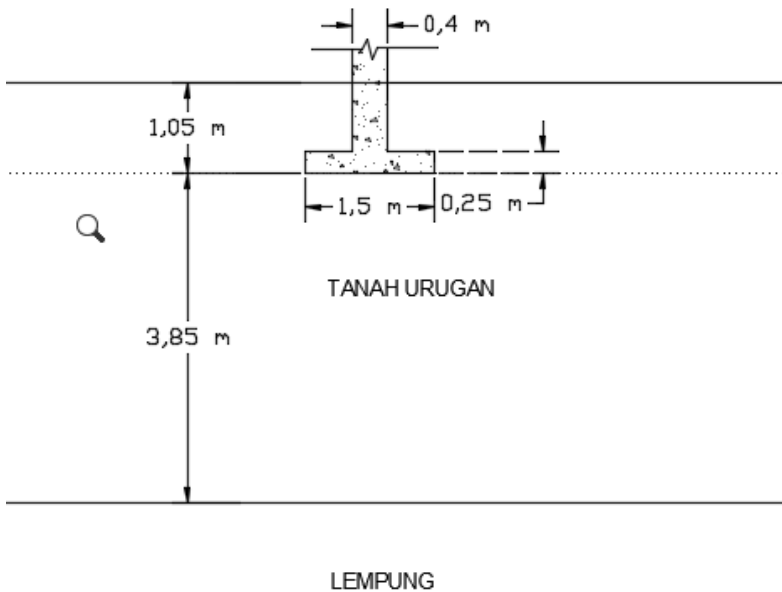
Joint	L	P	W_{pondasi}	W_{tanah}	W_{sloof}	Qult
Text	m ²	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m ²
3	3,000	2,752	3,17	4,9	0,32	4,63
4	2,500	1,328	2,64	4,1	0,27	4,14
5	7,500	22,075	7,92	12,2	0,81	7,16
6	2,750	6,156	2,90	4,5	0,30	6,28
8	3,250	20,420	3,43	5,3	0,35	11,33
9	5,250	40,699	5,54	8,5	0,57	13,17
10	2,500	8,132	2,64	4,1	0,27	7,55
11	2,500	8,499	2,64	4,1	0,27	7,73
13	7,500	42,887	7,92	12,2	0,81	10,63
15	7,500	33,677	7,92	12,2	0,81	9,09
20	9,750	22,932	10,30	15,8	1,05	6,42
21	6,000	19,046	6,34	9,7	0,65	7,45
22	4,500	5,296	4,75	7,3	0,49	4,95
25	4,500	13,623	4,75	7,3	0,49	7,26
26	5,250	32,470	5,54	8,5	0,57	11,21
Maksimum						13,17
Minimum						4,14

5.3.2. Perhitungan Dimensi Pondasi

Perhitungan dimensi pondasi ditentukan dengan dua cara yaitu dengan persamaan pondasi persegi (*square footings*) untuk pondasi telapak, dan persamaan pondasi menerus (*continous footings*) untuk pondasi menerus.

5.3.2.1. Pondasi Telapak

Setelah dilakukan perhitungan besar tegangan yang diterima pada masing – masing pondasi, selanjutnya dihitung daya dukung tanah dengan menggunakan persamaan untuk tanah berlapis. Gambar 5.28 menunjukkan letak pondasi pada tanah berlapis.



Gambar V.28. Tampak samping pondasi telapak

Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (2.49) untuk pondasi persegi, yaitu:

$$q_u = q_b + \left(1 + \frac{B}{L}\right) \left(\frac{2c_a H}{B}\right) \lambda_a + \left(1 + \frac{B}{L}\right) \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{2D_f}{H}\right) \left(\frac{K_s \tan \phi_1}{B}\right) \lambda_s - \gamma_1 H \leq q_t$$

Persamaan tersebut dimasukkan dalam program bantu excel, nilai Df, B dan L diperoleh dengan cara coba – coba

sehingga memenuhi nilai $q_{\text{allow}} \leq q_{\text{ult}} (\text{beban atas})$. Nilai $q_{\text{allow}} = (q_u \text{ atau } q_t)/3$. Sehingga,

$$q_{\text{ult}} (\text{beban atas}) = 21,25 \text{ t/m}^2$$

$$D_f = 1,05 \text{ m}$$

$$B = 1,5 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H &= \text{Hinisial} + \text{Tebal urugan awal pada tanah dasar} - D_f \\ &= 3,500 \text{ m} + 1,4 \text{ m} - 1,05 \text{ m} \\ &= 3,850 \text{ m} \end{aligned}$$

$$K_s = 5$$

Lapisan tanah dibawah pondasi yang pertama adalah tanah urug, sedangkan lapisan kedua adalah tanah lempung dengan,

$$\gamma_1 = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$c_1 = 0$$

$$\phi_1 = 30^\circ$$

$$\gamma_2 = 1,435 \text{ t/m}^3$$

$$c_2 = 1,41 \text{ t/m}^2$$

$$\phi_2 = 0^\circ$$

Nilai N_c , N_q , dan N_γ diperoleh dari Tabel 2.6

$$N_{c1} = 30,14$$

$$N_{q1} = 18,4$$

$$N_{\gamma1} = 15,67$$

$$N_{c2} = 5,14$$

$$N_{q2} = 1$$

$$N_{\gamma2} = 0$$

Nilai λ_{cs} , λ_{qs} , dan $\lambda_{\gamma s}$ diperoleh dari Tabel 2.7

$$\lambda_{cs(2)} = 1 + 0,2(1,4/1,4) = 1,2$$

$$\lambda_{qs(2)} = 1$$

$$\lambda_{\gamma s(2)} = 1$$

$$\lambda_{cs(1)} = 1 + 0,2(1,4/1,4) \tan^2(45+30/2) = 1,6$$

$$\lambda_{qs(1)} = 1 + 0,1(1,4/1,4) \tan^2(45+30/2) = 1,3$$

$$\lambda_{\gamma s(1)} = \lambda_{qs(1)} = 1,3$$

Sehingga,

$$q_b = c_2 N_{c(2)} \lambda_{cs(2)} + \gamma_1 (D_f + H) N_{q(2)} \lambda_{qs(2)} + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_{\gamma(2)} \lambda_{\gamma s(2)}$$

$$q_b = ((1,41 \times 5,14 \times 1,2) + (1,8 \times (1,05 + 3,85) \times 1 \times 1) + 0) t/m^2$$

$$q_b = 23,29 t/m^2$$

$$q_b = 228,21 kN/m^2$$

$$q_t = c_1 N_{c(1)} \lambda_{cs(1)} + \gamma_1 D_f N_{q(1)} \lambda_{qs(1)} + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_{\gamma(1)} \lambda_{\gamma s(1)}$$

$$q_t = (0 + (1,8 \times 1,05 \times 18,4 \times 1,6) + (0,5 \times 1,8 \times 1,5 \times 15,67 \times 1,3)) t/m^2$$

$$q_t = 72,71 t/m^2$$

$$q_t = 712,55 kN/m^2$$

$$q_u = 228,21 + \left(1 + \frac{1,5}{1,5}\right) \left(\frac{2 \times 0 \times 3,850}{1,5}\right) 1 + \left(1 + \frac{1,5}{1,5}\right) \times 1,8 \times 3,850^2 \left(1 + \frac{2 \times 0,8}{3,850}\right) \left(\frac{5 \times \tan 30}{1,3}\right) 1 - (1,8 \times 3,850) \leq q_t$$

$$q_u = 1715,538 kN/m^2 \leq q_t = 712,55 kN/m^2$$

Sehingga q_u yang dipakai adalah $712,55 kN/m^2$. Lalu hasil tersebut dibandingkan dengan Q_{ult} akibat beban atas (diambil dari Tabel 5.16).

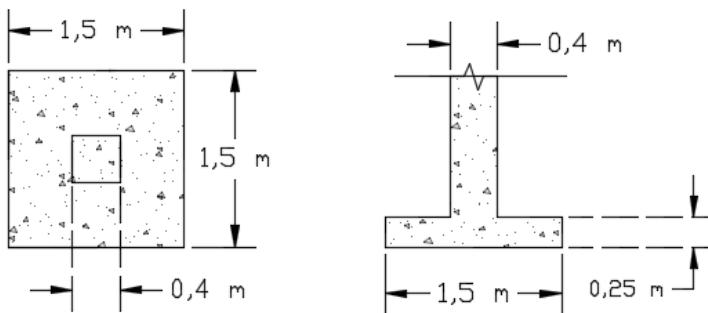
$$q_{allow} = \frac{q_u}{3} = \frac{712,55 kN/m^2}{3} = 237,5 kN/m^2$$

$$q_{allow} = 237,5 kN/m^2 \geq q_{ult} = 208,84 kN/m^2 \text{ (OK!)}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh perencanaan pondasi untuk zona 6.2a adalah sebagai berikut:

- a) Jenis Pondasi = Telapak beton
- b) Kedalaman Pondasi = 1,05 m
- c) Dimensi Pondasi = 1,5 m x 1,5 m
- d) Tebal pondasi = 0,25 m

Geometri pondasi hasil perencanaan ditunjukkan pada Gambar 5.29.



Gambar V.29. Geometri Perencanaan Pondasi Telapak B = 1,5 di zona 6.2a

5.3.2.2. Pondasi Batu Kali

Perhitungan perencanaan pondasi batu kali menerus dilakukan menggunakan Persamaan (2.48), yaitu:

$$q_u = q_b + \frac{2 c_a H}{B} \pm \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{2 D_f}{H} \right) \frac{K_s \tan \varphi_1}{B} - \gamma_1 H \leq q_t$$

Persamaan tersebut dimasukkan dalam program bantu excel. Nilai Df, B dan L diperoleh dengan cara coba – coba sehingga memenuhi nilai $q_{allow} \leq q_{ult}$ (beban atas). Nilai $q_{allow} = (q_u \text{ atau } q_t)/3$. Sehingga,

$$q_{ult} \text{ (beban atas)} = 13,17 \text{ t/m}^2$$

$$D_f = 0,9 \text{ m}$$

$$B = 0,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H &= \text{Hinisial} + \text{Tebal urugan awal pada tanah dasar} - D_f \\ &= 2,815 \text{ m} + 1,4 \text{ m} - 0,9 \text{ m} \\ &= 3,315 \text{ m} \end{aligned}$$

Lapisan tanah dibawah pondasi yang pertama adalah tanah urug, sedangkan lapisan kedua adalah tanah lempung dengan,

$$\gamma_1 = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$c_1 = 0$$

$$\phi_1 = 30^\circ$$

$$\gamma_2 = 1,435 \text{ t/m}^3$$

$$c_2 = 1,41 \text{ t/m}^2$$

$$\phi_1 = 0^\circ$$

Nilai N_c , N_q , dan N_γ diperoleh dari tabel 2.6

$$N_{c1} = 30,14$$

$$N_{q1} = 18,4$$

$$N_{\gamma1} = 15,67$$

$$N_{c2} = 5,14$$

$$N_{q2} = 1$$

$$N_{\gamma2} = 0$$

Nilai λ_{cs} , λ_{qs} , dan $\lambda_{\gamma s}$ bernilai 1 karena merupakan pondasi menerus sehingga nilai $L = \infty$

maka,

$$q_b = c_2 N_{c(2)} \lambda_{cs(2)} + \gamma_1 (D_f + H) N_{q(2)} \lambda_{qs(2)} + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_{\gamma(2)} \lambda_{\gamma s(2)}$$

$$q_b = ((1,41 \times 5,14 \times 1) + (1,8 \times (0,9 + 4,000) \times 1 \times 1) + 0) \text{ t/m}^2$$

$$q_b = 20,88 \text{ t/m}^2$$

$$q_b = 204,5806 \text{ kN/m}^2$$

$$q_t = c_1 N_{c(1)} \lambda_{cs(1)} + \gamma_1 D_f N_{q(1)} \lambda_{qs(1)} + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_{\gamma(1)} \lambda_{\gamma s(1)}$$

$$\begin{aligned}
 q_t &= \\
 &\quad (0 + (1,8 \times 0,9 \times 18,4 \times 1) + \\
 &\quad (0,5 \times 1,8 \times 0,8 \times 15,67 \times 1)) \text{ t/m}^2 \\
 q_t &= 134,2 \text{ t/m}^2 \\
 q_t &= 402,685 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= q_b + \frac{2 \times 0 \times 4,000}{0,8} \pm 1,8 \times (4,000^2) \left(1 + \right. \\
 &\quad \left. \frac{2 \times 0,9}{4,000} \right) \frac{5 \tan 30}{0,8} - 1,8 \times 4,000 \leq q_t \\
 q_u &= 1610,68 \text{ kN/m}^2 \leq q_t = 402,685 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

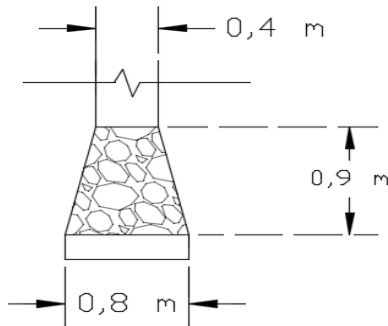
Sehingga q_u yang dipakai adalah $402,685 \text{ kN/m}^2$. Lalu hasil tersebut dibandingkan dengan q_{ult} akibat beban atas.

$$\begin{aligned}
 q_{allow} &= \frac{q_u}{3} = \frac{402,685 \text{ kN/m}^2}{3} = 134,2 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{allow} &= 134,2 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ult} = 129,06 \text{ kN/m}^2 \text{ (OK!)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh perencanaan pondasi untuk zona 6.2a adalah sebagai berikut:

- a) Jenis Pondasi = Batu Kali Menerus
- b) Kedalaman Pondasi = 0,9 m
- c) Dimensi Pondasi = 0,8 m (bawah); 0,4 m (atas)
- d) Tebal Pondasi = 0,8 m

Geometri pondasi hasil perencanaan ditunjukkan pada Gambar 5.30.



Gambar V.30. Geometri Perencanaan Pondasi Menerus B = 0,8 di zona 6.2a

5.3.3. Analisis Biaya Pondasi Telapak dan Batu Kali

Analisis biaya dilakukan terhadap 2 tipe pondasi di lokasi yang sama (Zona 6.2a.) yaitu rumah 3 tingkat tipe blanca dengan menggunakan HSPK surabaya tahun 2016. Hasil analisis biaya ditunjukkan pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.19. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh selisih harga sebesar

$$\begin{aligned}
 \Delta \text{ Biaya Konstruksi} &= \text{Biaya konstruksi pondasi menerus} - \text{Biaya konstruksi pondasi telapak} \\
 &= \text{Rp. 73.508.375,99} - \text{Rp. 50.100.323,93} \\
 &= \text{Rp. 23.408.052,06} \text{ tiap bangunan rumah}
 \end{aligned}$$

5.3.4. Perhitungan Kontrol Pemampatan Pondasi

Perhitungan besar pemampatan akibat beban pondasi dilakukan setelah perhitungan perbaikan tanah dan perencanaan pondasi selesai. Perhitungan dilakukan untuk mengontrol besar penurunan akibat *consolidation settlement* dan *differential settlement*. Perhitungan dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan Distribusi Tegangan akibat Beban Pondasi
Distribusi tegangan akibat pondasi dihitung dengan Persamaan (2.13). Tegangan total tersebut ditentukan dengan menjumlahkan tegangan pada masing - masing pondasi dalam satu tipe bangunan. Banyaknya jumlah pondasi dalam satu tipe rumah menyebabkan perbedaan nilai faktor pengaruh pada masing – masing pondasi. Dalam penentuan faktor pengaruh dibutuhkan nilai m dan n yang diperoleh dari pembagian dimensi pondasi terhadap kedalaman tiap lapisan tanah, maka formula untuk menghitung distribusi tegangan dikorelasikan dengan perhitungan perencanaan pondasi.
Faktor pengaruh pondasi dihitung dengan Persamaan (2.13). Perhitungan faktor pengaruh (I) dicontohkan untuk pondasi rumah tipe blanca. Titik yang ditinjau adalah titik *joint* 15 dan 1 m di sebelah kanan titik *joint* 21 (Gambar 5.23), kedalaman yang diambil adalah kedalaman 4-5.

Titik *joint* 15,

$$I = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \left(\frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} \right) \right] + \tan^{-1} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 - n^2 - m^2n^2 + 1} \right)$$

Berdasarkan perhitungan perencanaan preloading sebelumnya, diperoleh $H_{inisial} = 3,500 \text{ m}$, sehingga nilai m dan n adalah:

$$\begin{aligned} m &= \frac{B}{z} = \frac{1,5}{H_{inisial} - Df + 4,5 \text{ m}} \\ &= \frac{1,5}{3,500 \text{ m} - 1,05 \text{ m} + 4,5 \text{ m}} \\ &= 0,216 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{L}{z} = \frac{0,5 \times 1,5}{H_{inisial} - Df + 4,5 \text{ m}} \\ &= \frac{0,5 \times 1,5}{3,500 \text{ m} - 1,05 \text{ m} + 4,5 \text{ m}} \\ &= 0,108 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, diperoleh $I = 0,013$ (sesuai dengan Tabel L7.13. pada Lampiran 7). Rekapitulasi perhitungan nilai faktor pengaruh untuk setiap pondasi pada tipe rumah blanca di tabelkan pada Tabel L7.13 dan L7.14 pada Lampiran 7. Selanjutnya untuk memperoleh nilai tegangan total maka faktor pengaruh harus dikalikan dengan tegangan yang terjadi pada tiap pondasi. Titik joint 15 memiliki faktor pengaruh I , faktor pengaruh titik joint 13 ditunjukkan dengan I_2 , titik joint 3: I_3 , titik joint 4: I_4 , titik joint 21: I_5 , titik joint 5: I_6 , joint 6: I_7 , titik joint 10: I_8 , titik joint 11: I_9 , titik joint 26: I_{10} , titik joint 25: I_{11} , titik joint 22: I_{12} , titik joint 20: I_{13} , titik joint 9: I_{14} , dan titik joint 8 dengan faktor pengaruh I_{15} . Selanjutnya, besar tegangan total akibat pondasi dihitung dengan Persamaan (2.13) yaitu:

$$\Delta p = (I_1 \times q_1) + (I_2 \times q_2) + (I_3 \times q_3) \dots + (I_{15} \times q_{15})$$

Tegangan total akibat pondasi ditinjau pada dua titik yaitu di bawah titik *joint* 15 dan 1 m di sebelah kanan

titik *joint* 21. Peninjauan di 2 titik bertujuan untuk mengontrol *differential settlement* yang terjadi pada bangunan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai $\Delta\sigma$ pondasi yang ditunjukkan pada Tabel L7.16 dan Tabel L7.18.

2. Perhitungan Besar Penurunan Pondasi

Setelah pemampatan akibat beban timbunan selesai, dihitung pemampatan akibat konstruksi pondasi. Besar penurunan pondasi hanya dianalisis berdasarkan pemampatan primer (*consolidation settlement*). Hal ini dikarenakan besar pemampatan sekunder yang terjadi sangat kecil maka pemampatan sekunder dalam perhitungan dapat diabaikan. Besar penurunan pondasi dihitung sesuai langkah – langkah perhitungan besar pemampatan yang telah dijelaskan sebelumnya.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung pemampatan di setiap lapisan menggunakan Persamaan (2.1), (2.2), atau (2.3), pada kedalaman 7 – 8 m

$$\Delta P + P'_{o} = 0,5573 \text{ t/m}^2 + 3,571 \text{ t/m}^2 = 4,128 \text{ t/m}^2$$

$$P'_{c} = 4,171 \text{ t/m}^2$$

Karena $\Delta P + P'_{o} < P'_{c}$, maka formula yang digunakan adalah kondisi 1 (OC *Soil* kondisi 1) yaitu persamaan (2.2). Sedangkan penggunaan persamaan pada lapisan lain disesuaikan dengan nilai $\Delta P + P'_{o}$. Contoh perhitungan pada lapisan 5 adalah sebagai berikut:

$$C_c = 1,683$$

$$C_s = 0,165$$

$$e_o = 3,265$$

$$z = 1 \text{ m}$$

maka:

$$S_c = C_s \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o}$$

$$S_c = 1,683 \times \frac{1}{1 + 3,265} \log \frac{3,571 + 0,5573}{3,571}$$

$$S_c = 0,01297 \text{ m}$$

Rekapitulasi besar pemampatan yang terjadi akibat beban pondasi di zona 6.2 ditunjukkan pada Tabel L7.19. dan L7.20. Berdasarkan perhitungan pada tabel tersebut, besar pemampatan yang terjadi akibat pondasi pada rumah tipe blanca adalah sebesar 0,04553 m jika ditinjau dari titik *joint* 15 dan 0,05130 m jika ditinjau dari titik 1 m di sebelah kanan *joint* 21. Sehingga perbedaan penurunan yang terjadi (*differential settlement*) adalah sebesar

$$\Delta S_c = 0,02238 \text{ m} - 0,01297 \text{ m}$$

$$= 0,009414 \text{ m}$$

Besar *differential settlement* yang terjadi sebesar 0,00577 m memiliki jarak 10 m dari titik *joint* 15 ke titik 1 m di sebelah kanan titik *joint* 21. Oleh karena itu, sesuai persyaratan penurunan, maka

$$\Delta S_c < \Delta S_{c_{ijin}} \text{ bangunan beton}$$

$$0,009414 \text{ m} < (0,002 - 0,003) \times 10 \text{ m}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan *differential settlement* untuk tipe bangunan lain ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel V.20. *Differential Settlement* yang terjadi pada setiap tipe pondasi dengan dimensi pondasi, B = 1,5 m

Tipe Rumah	Sc Titik 1 (m)	Sc Titik 2 (m)	Jarak (m)	<i>Differential Settlement</i> (m)
Brazza	0,02238	0,01297	10	0,00767
Brieva	0,02673	0,00981	12	0,01122
Blanca	0,01529	0,03500	10	0,00577

5.3.5. Zoning Dimensi Pondasi Dangkal

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh tabel hasil perencanaan dimensi pondasi yang ditunjukkan pada Tabel 5.21. Berdasarkan tabel tersebut diperoleh peta pembagian zona 3 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.30.

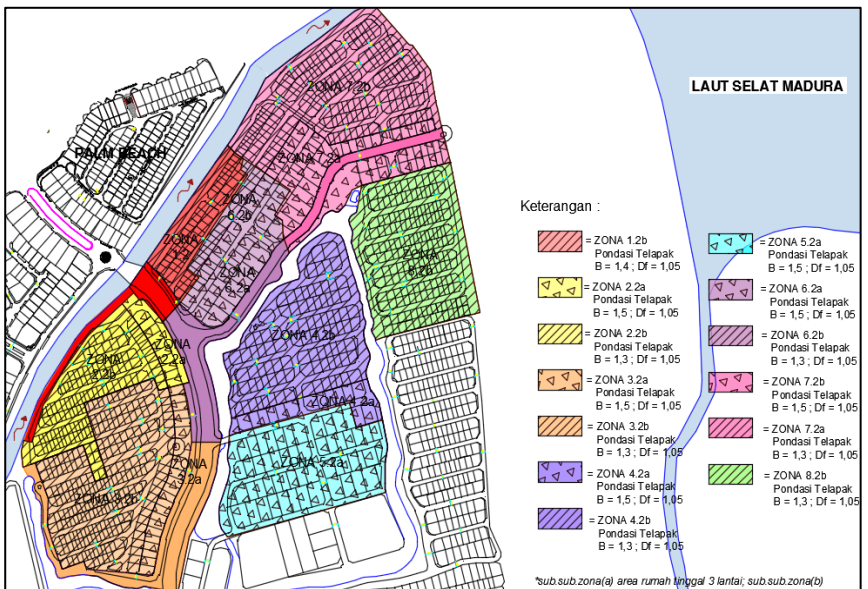
Tabel V.21. Hasil Perhitungan Kebutuhan PVD, H inisial, Hfinal pada Setiap Zona (Zona 1 – Zona 4)

Zona	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Hinisial (m)	2,58	2,02	4,58	4,13	3,02	2,59	3,86	3,46
Sc (m)	1,54	1,15	2,21	1,94	1,24	1,03	1,53	1,31
Jenis PVD	Pola Segitiga							
Jarak PVD (m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Kedalaman PVD (m)	18	18	20	20	19	19	20	20
Waktu mencapai U=90% (minggu)	20	20	20	20	17	17	20	20
Sisa Penurunan	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah tahapan penimbunan	5	4	9	8	6	5	8	7

Tabel V.22. Hasil Perhitungan Kebutuhan PVD, H inisial, Hfinal pada Setiap Zona (Zona 5 – Zona 8)

Zona	Zona 5		Zona 6		Zona 7		Zona 8	
	5.1	5.2	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2
Elevasi Tanah Dasar	1,50		1,77		1,47		1,18	
H final (m)	1,70		1,43		1,73		2,02	
Hinisial (m)	4,36	3,82	4,02	3,50	4,66	4,15	4,46	4,03

Sc (m)	2,21	1,84	2,14	1,80	2,47	2,14	1,99	1,73
Jenis PVD	Pola Segitiga							
Jarak PVD (m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Kedalaman PVD (m)	19	19	20	20	18	18	19	19
Waktu mencapai U=90% (minggu)	15	15	16	16	15	15	17	17
Sisa Penurunan	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah tahapan penimbunan	9	7	8	7	9	8	9	8



Gambar V.30. Peta-3 (pembagian zona berdasarkan jenis dan dimensi pondasi dangkal)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

KESIMPULAN

Perencanaan zonasi perbaikan tanah dan pondasi dangkal pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kondisi tanah di kompleks perumahan Santiago Rosa dan Virgin Gorda merupakan tanah lunak dengan elevasi muka dan kedalaman tanah lunak yang bervariasi. Elevasi tanah lunak berkisar antara +0,68 hingga +3,18 m, sedangkan kedalaman tanah lunak juga bervariasi yaitu berkisar 18 m, 19 m, dan 20 m
2. Peta-1 yang didasarkan pada elevasi muka tanah dan kedalaman tanah lunak terbagi menjadi 8 zona masing – masing memiliki elevasi rata – rata yaitu +2,61 pada zona 1, +1,29 pada zona 2, +1,92 pada zona 3, +1,32 pada zona 4, +1,50 pada zona 5, +1,77 pada zona 6, +1,47 pada zona 7, +1,18 pada zona 8. PVD dipasang pada jarak 0,8 m di semua zona dengan kedalaman PVD yaitu 18 m untuk zona 1 dan 7; 19 m untuk zona 3, 5, dan 8; dan 20 m untuk zona 2, 4, dan 6. Sedangkan Peta-2 didasarkan pada perhitungan tinggi timbunan (beban *preloading*).
3. Peta-2 terdiri dari 12 zona dimana dalam satu zona pada Peta-1 terbagi menjadi 2 sub-zona untuk zona yang memiliki jalan selain rumah tinggal. H inisial masing – masing zona ditunjukkan pada Tabel 6.1. dan Tabel 6.2.
4. Jenis pondasi yang dianalisis adalah pondasi telapak dan menerus dimana pondasi telapak ternyata lebih ekonomis dibandingkan pondasi menerus dengan perbedaan biaya konstruksi sebesar Rp. 23.408.052,06 lebih murah jika dibandingkan pondasi menerus batu kali; oleh sebab itu, perencanaan di semua zona digunakan pondasi telapak
5. Peta-3 yang pembagian zonanya didasarkan pada perbedaan beban rumah tinggal 2-lantai dan rumah tinggal 3-lantai, terdiri dari 14 sub-sub-zona (sebagian sub-zona hanya memiliki satu jenis rumah tinggal).

Tabel VI.1. Rekapitulasi Hasil Perencanaan Zona 1 – Zona 4

Zona	Zona 1		Zona 2		Zona 3			Zona 4	
	1.1	1.2	2.1a	2.1b	3.1	3.2a	3.2b	4.2a	4.2b
Elevasi Tanah Dasar	2,61		1,29		1,92			1,32	
H final (m)	0,59		1,91		1,28			1,88	
Hinisial (m)	2,58	2,02	4,13		3,02	2,59		3,46	
Sc (m)	1,54	1,15	1,94		1,24	1,03		1,31	
Jenis PVD	Pola Segitiga								
Jarak PVD (m)	0,8	0,8	0,8		0,8	0,8		0,8	
Kedalaman PVD (m)	18	18	20		19	19		20	
Waktu mencapai U=90% (minggu)	20	20	20		20	20		20	
Jumlah tahapan penimbunan	6	2	7		6	4		6	
Jenis Pondasi	Telapak Beton								
Dimensi Pondasi (m)		1,4	1,5	1,3		1,5	1,3	1,5	1,3
		1	1,2	1		1,2	1	1,2	1
Kedalaman Pondasi (m)		1,05	1,05	1,05		1,05	1,05	1,05	1,05

Tabel VI.2. Rekapitulasi Hasil Perencanaan Zona 1 – Zona 4

Zona	Zona 5	Zona 6			Zona 7			Zona 8
	5.2b	6.1.	6.2a	6.2b	7.1	7.2a	7.2b	8.2a
Elevasi Tanah Dasar	1,50	1,77			1,47			1,18
H final (m)	1,70	1,43			1,73			2,02
Hinisial (m)	3,118	4,185	2,815		4,819	3,476		3,458
Sc (m)	1,416	2,139	1,389		2,631	1,743		1,438
Jenis PVD	Pola Segitiga							
Jarak PVD (m)	0,8	0,8	0,8		0,8	0,8		0,8
Kedalaman PVD (m)	19	20	20		18	18		19
Waktu mencapai U=90% (minggu)	20	20	20		20	20		20
Jumlah tahapan penimbunan	6	8	6		9	7		7
Jenis Pondasi	Telapak Beton							
Dimensi Pondasi (m)	1,5		1,5	1,3		1,5	1,3	1,5
	1,2		1,2	1		1,2	1	1,2
Kedalaman Pondasi (m)	1,05		1,05	1,05		1,05	1,05	1,05

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

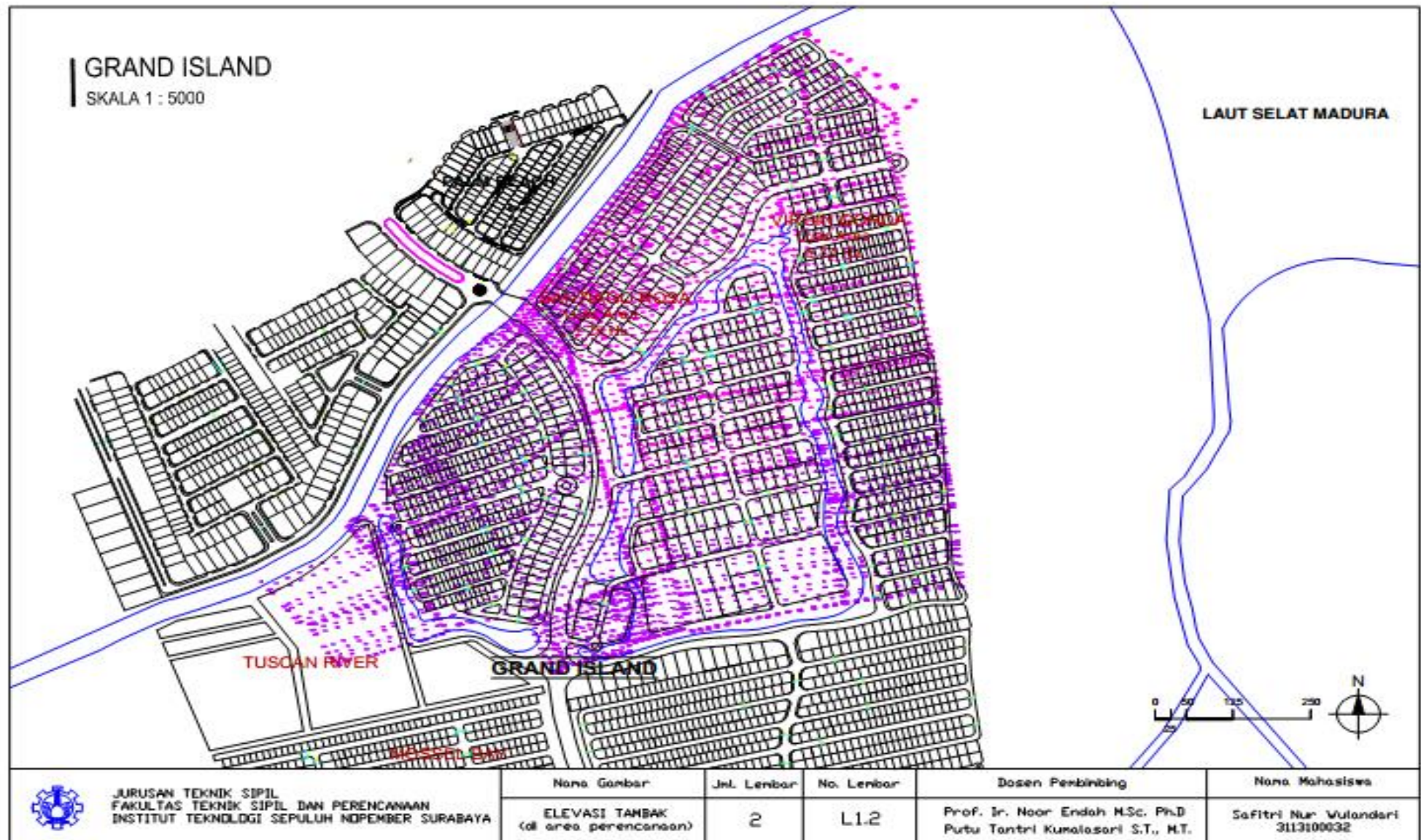
DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M., 1985, “Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1”, Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., 1985, “Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2”, Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., 1999, “*Shallow Foundations: Bearing Capacity and Settlement*”, USA: CRC Press.
- Das, Braja M. 2006, “Principles of Geotechnical Engineering 7rd”. USA: PWS Publishers
- Das, Braja M., 2010, *Principles of Foundation Engineering*. USA: CRC Press.
- Zakaria, Zulfialdi., 2006, “Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal”. Bandung: Universitas Padjadjaran
- Koerner, R. M., 1984, “Construction & Geo-technical Methods in Foundation Engineering”. New York: Mc Graw-Hill Book Co.
- Mochtar, Noor Endah., 2012, Metode Perbaikan Tanah, Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS
- NAVFAC DM-7, 1970, Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structures. USA : Dept. of the Navy Naval Facilities Engineering Command
- Pamungkas, Anugrah., 2002, Desain Pondasi Tahan Gempa sesuai SNI 03-1762-2002 dan SNI 03-2847-2002. Yogyakarta : ANDI
- Terzaghi, K., & Peck., R.B., 1993, Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Penerbit Erlangga, Jakarta, 383 hal
- Wahyudi, Herman, 2012, Daya Dukung Pondasi Dangkal, Surabaya: Penerbit ITS Press
- Wahyuni, Fitria., 2013, Alternatif Perencanaan Gedung 3 Lantai pada Tanah Lunak dengan dan Tanpa Pondasi Dalam, Surabaya: ITS

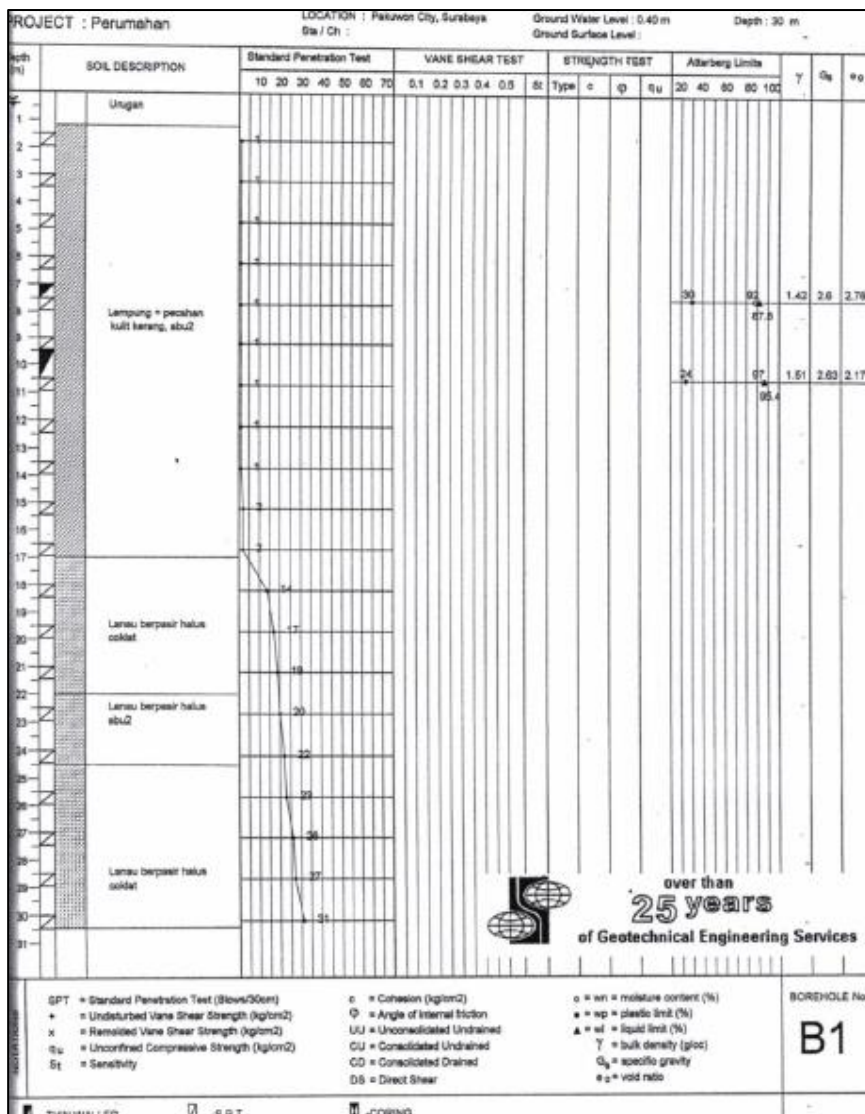
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



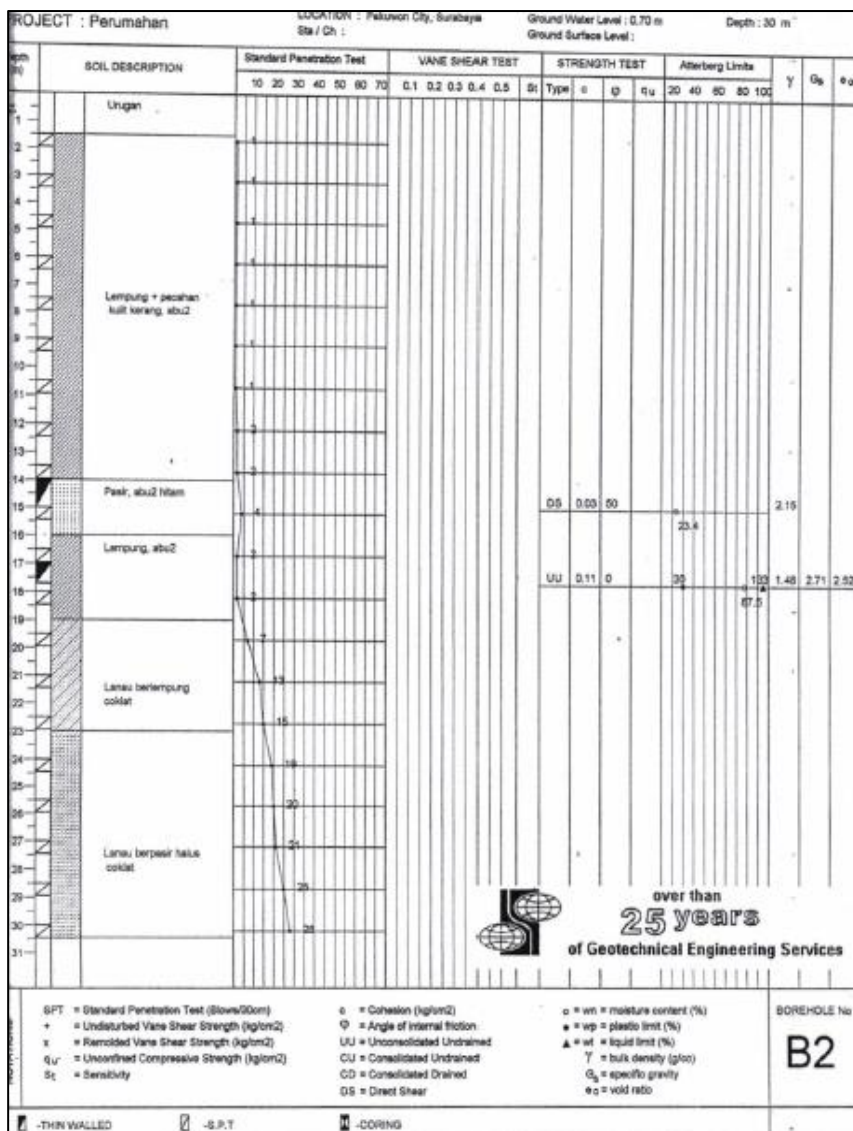
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



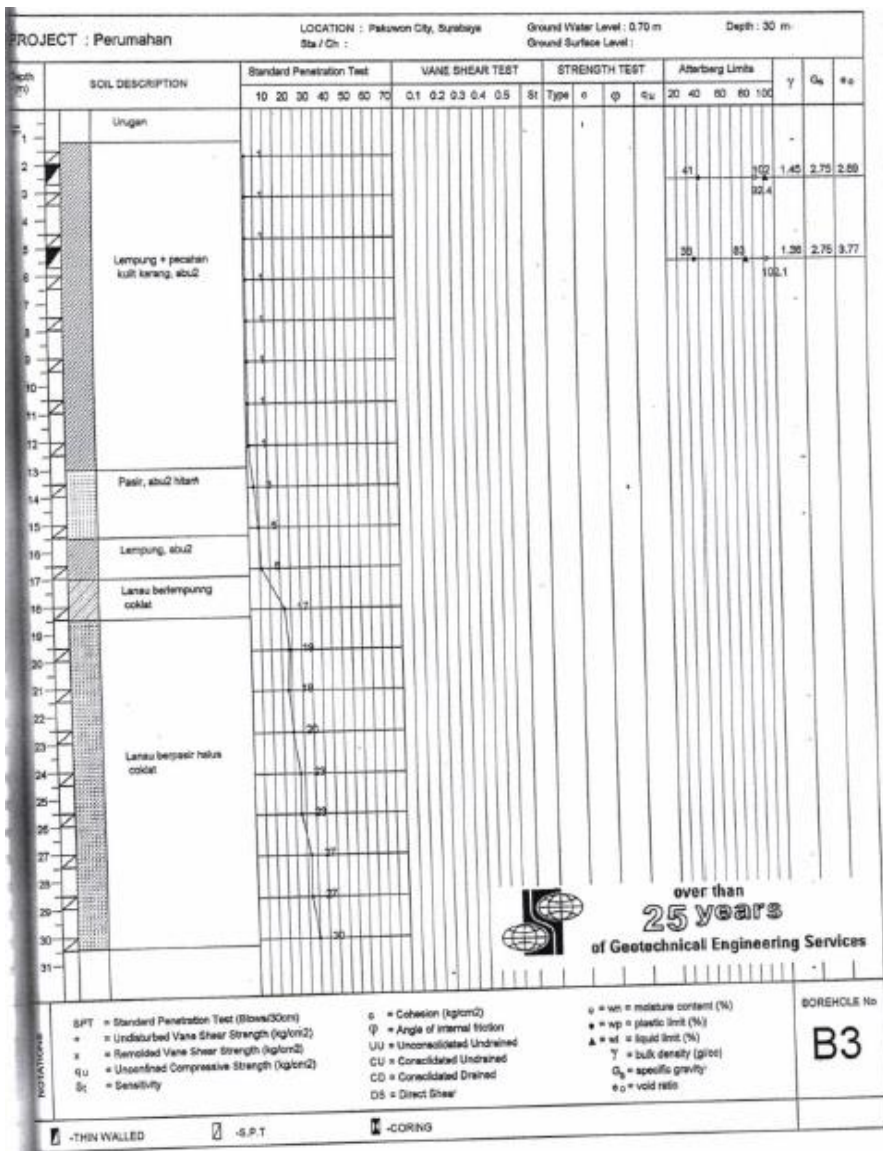
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar L2.1. Data Tanah BH-1



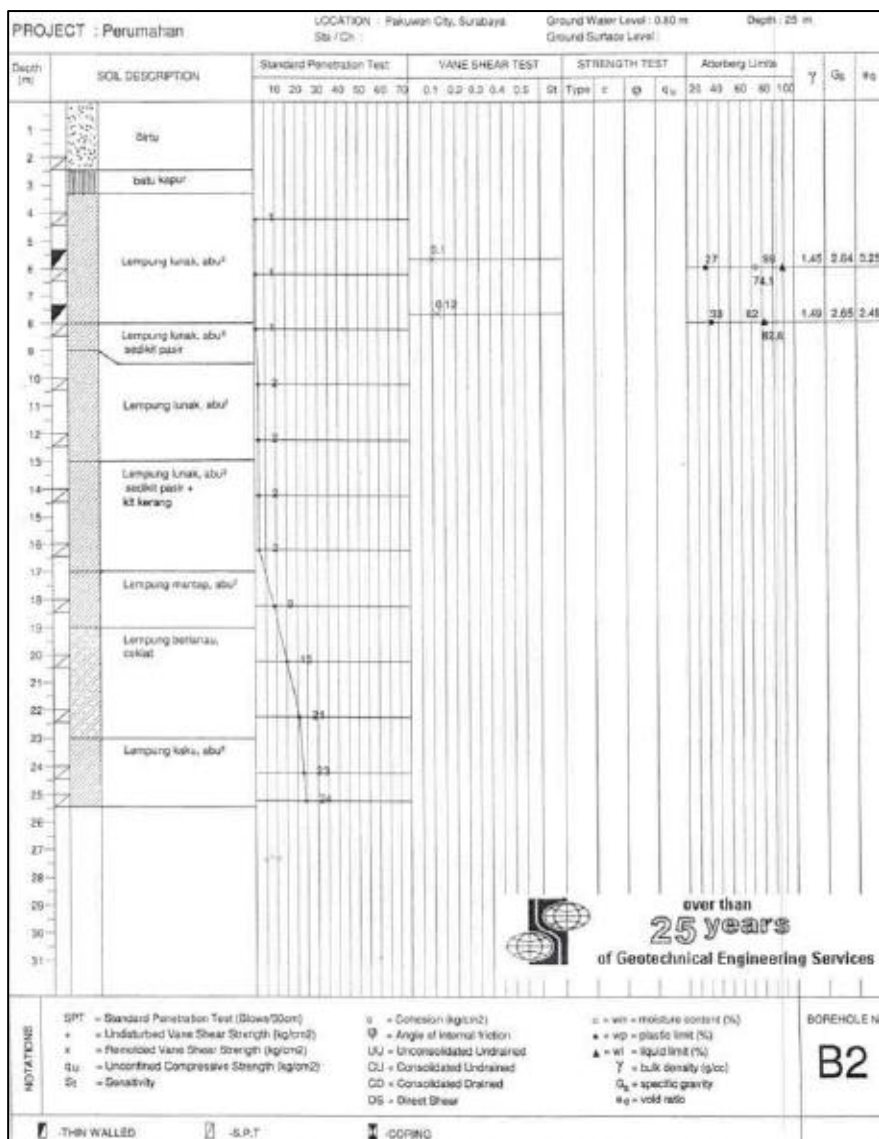
Gambar L2.2. Data Tanah BH-2



Gambar L2.3. Data Tanah BH-3

Gambar L2.4. Data Tanah BH-4

Gambar L2.5. Data Tanah BH-5



Gambar L2.6. Data Tanah BH-6

Tabel L2.1. Data Tanah BH-1

No	Kedalaman (m)	N-SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	e _o	ω_c	S _r	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	C _c (t/m ²)	C _s (t/m ²)
1	0-1,2	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
2	1,2-2	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
3	2-3	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
4	3-4	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
5	4-5	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
6	5-6	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
7	6-7	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
8	7-8	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
9	8-9	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
10	9-10	1	2,63	1,51	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	92	30	0,620	0,980	0,131
11	10-11	1	2,63	1,51	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131
12	11-12	1	2,63	1,51	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131
13	12-13	1	2,63	1,51	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131
14	13-14	1	2,63	1,51	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131
15	14-15	1	2,63	1,51	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131
16	15-16	2	2,63	1,51	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131
17	16-17	2	2,63	1,51	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131
18	17-18	10	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169

Tabel L2.2. Data Tanah BH-2

No	Kedalaman (m)	N-SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	wc	Sr	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)
1	0-1,5	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
2	1,5-2	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
3	2-3	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
4	3-4	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
5	4-5	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
6	5-6	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
7	6-7	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
8	7-8	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
9	8-9	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
10	9-10	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
11	10-11	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
12	11-12	2	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
13	12-13	2	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
14	13-14	2	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120
15	14-15	3	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0
16	15-16	4	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0
17	16-17	2	2,71	1,48	1,486	0,770	2,52	0,875	0,9410	0,11	0	133	30	1,030	1,294	0,131
18	17-18	2	2,71	1,48	1,486	0,770	2,52	0,875	0,9410	0,11	0	133	30	1,030	1,294	0,131
19	18-19	2	2,71	1,48	1,486	0,770	2,52	0,875	0,9410	0,11	0	133	30	1,030	1,294	0,131
20	19-20	7	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169
21	20-21	10	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169

Tabel L2.3. Data Tanah BH-3

No	Kedalaman (m)	N- SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	e _o	ω_c	S _r	c (kg/cm ²)	φ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	C _c (t/m ²)	C _s (t/m ²)
1	0-1,2	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
2	1,2-2	1	2,75	1,45	1,450	0,707	2,89	0,924	0,8792	0,1	0	102	41	0,610	1,020	0,105
3	2-3	1	2,75	1,45	1,450	0,707	2,89	0,924	0,8792	0,1	0	102	41	0,610	1,020	0,105
4	3-4	1	2,75	1,45	1,450	0,707	2,89	0,924	0,8792	0,1	0	102	41	0,610	1,020	0,105
5	4-5	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
6	5-6	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
7	6-7	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
8	7-8	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
9	8-9	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
10	9-10	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
11	10-11	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
12	11-12	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
13	12-13	1	2,75	1,36	1,367	0,577	3,77	1,021	0,7448	0,1	0	83	36	0,470	2,167	0,210
14	13-14	3	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0
15	14-15	4	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0
16	15-16	5	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169
17	16-17	10	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169

Tabel L2.4. Data Tanah BH-4

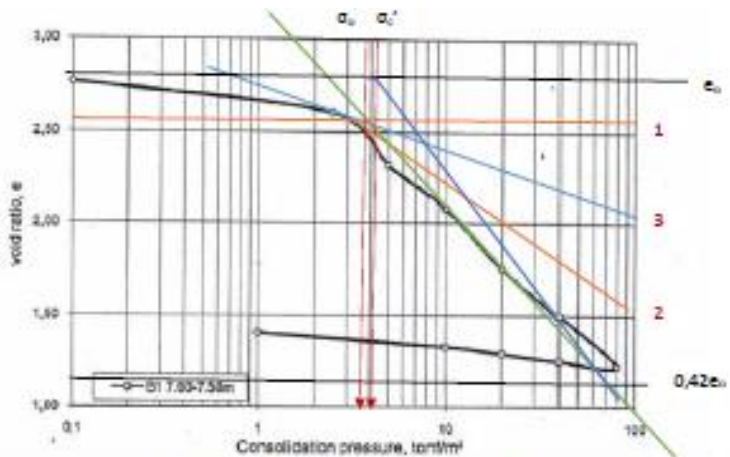
No	Kedalaman (m)	N- SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ _{sat} (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	eo	ωc	Sr	c (kg/cm ²)	φ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)
1	0-1,5	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
2	1,5-2	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158
3	2-3	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158
4	3-4	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158
5	4-5	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158
6	5-6	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158
7	6-7	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
8	7-8	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
9	8-9	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
10	9-10	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
11	10-11	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
12	11-12	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
13	12-13	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
14	13-14	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
15	14-15	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321
16	15-16	2	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,2	0	127	35	0,920	3,212	0,321
17	16-17	5	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0
18	17-18	10	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0

Tabel L2.5. Data Tanah BH-5

No	Kedalaman (m)	N- SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	wc	Sr	c (kg/cm ²)	φ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)
1	0-1	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
2	1-2	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
3	2-3,5	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
4	3,5-4	1	2,65	1,51	1,497	0,798	2,32	0,852	0,9732	0,1	0	105	39	0,660	0,870	0,105
5	4-5	1	2,65	1,51	1,497	0,798	2,32	0,852	0,9732	0,1	0	105	39	0,660	0,870	0,105
6	5-6	1	2,65	1,51	1,497	0,798	2,32	0,852	0,9732	0,1	0	105	39	0,660	0,870	0,105
7	6-7	1	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
8	7-8	1	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
9	8-9	1	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
10	9-10	2	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
11	10-11	2	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
12	11-12	2	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
13	12-13	2	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
14	13-14	2	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
15	14-15	2	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
16	15-16	2	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
17	16-17	2	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158
18	17-18	4	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147
19	18-19	6	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147

Tabel L2.6. Data Tanah BH-6

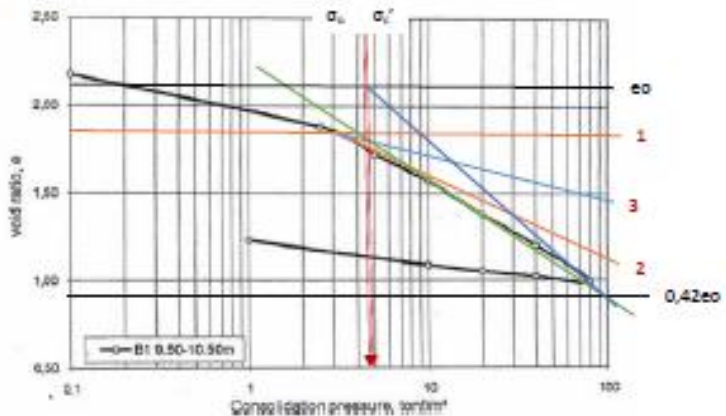
No	Kedalaman (m)	N-SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	wc	Sr	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)
1	0-1	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
2	1-2	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
3	2-3,5	-	2,7	1,8	2,133	1,800	0,5	0,33	1,7820	0	30	0	0	0	0	0
4	3,5-4	1	2,64	1,45	1,386	0,621	3,25	0,741	0,6019	0,1	0	99	27	0,720	1,243	0,210
5	4-5	1	2,64	1,45	1,386	0,621	3,25	0,741	0,6019	0,1	0	99	27	0,720	1,243	0,210
6	5-6	1	2,64	1,45	1,386	0,621	3,25	0,741	0,6019	0,1	0	99	27	0,720	1,243	0,210
7	6-7	1	2,64	1,45	1,386	0,621	3,25	0,741	0,6019	0,1	0	99	27	0,720	1,243	0,210
8	7-8	1	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
9	8-9	1	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
10	9-10	2	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
11	10-11	2	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
12	11-12	2	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
13	12-13	2	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
14	13-14	2	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
15	14-15	2	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
16	15-16	2	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
17	16-17	3	2,65	1,49	1,473	0,759	2,49	0,82	0,8727	0,12	0	83	33	0,496	0,967	0,131
18	17-18	4	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147
19	18-19	6	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147

Gambar L2.7. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 1 (a)

$$\sigma_v' = \gamma' x/h = (1.8 \times 0.4) + (0.8 \times 0.5) + (0.42 \times 6) = 3.88 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{2.7 - 0.42 (2.76)}{\log(75) - \log(4)} = 1.2000031$$

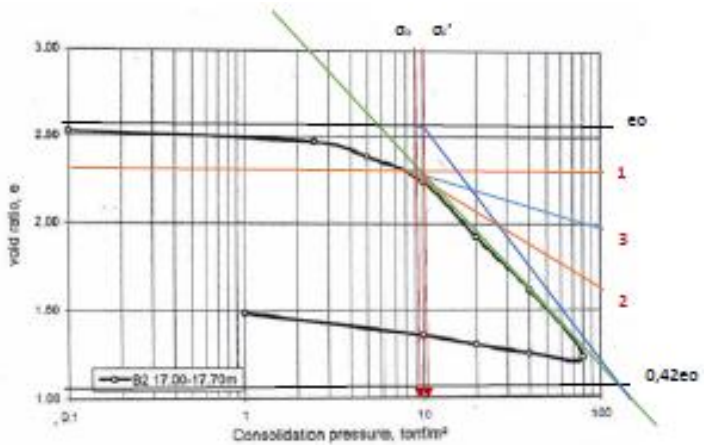
$$C_s = \frac{1.4 - 1.25}{\log(90) - \log(1)} = 0.078819; \text{ diambil } 0.1 \text{ } C_c = 0.1200031$$

Gambar L2.8. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 1 (b)

$$\sigma_v' = \gamma' x/h = 3.88 + (0.42 \times 2) = 4.72 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{2.15 - 0.42 (2.17)}{\log(90) - \log(4.9)} = 0.9798691$$

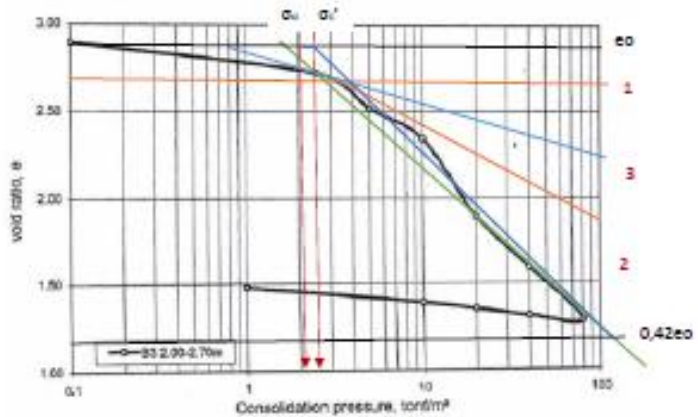
$$C_s = \frac{1.25 - 1}{\log(90) - \log(1)} = 0.131365$$

Gambar L2.9. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 2

$$\sigma'_s = \gamma' x h = (1,8 \times 0,7) + (0,8 \times 0,8) + (0,42 \times 12,5) + (1,15 \times 2) + (0,48 \times 1) = 9,93 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{2,5 - 0,42 (2,52)}{\log(10) - \log(10)} = 1,2941412$$

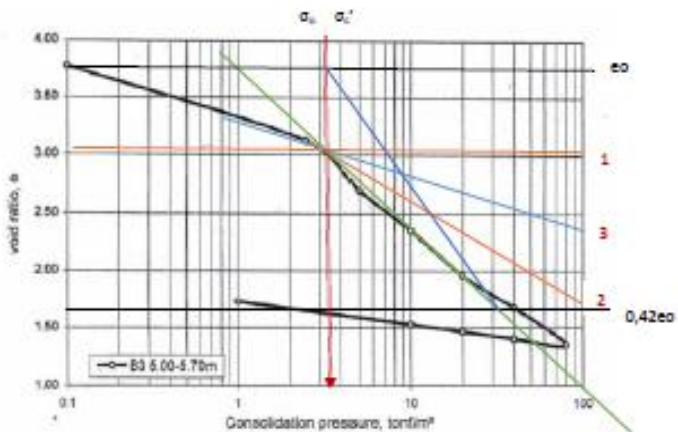
$$C_s = \frac{1,5 - 1,25}{\log(80) - \log(1)} = 0,131365$$

Gambar L2.10. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 3(a)

$$\sigma'_s = \gamma' x h = (1,8 \times 0,7) + (0,8 \times 0,5) + (0,45 \times 0,8) = 2,02 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{2,55 - 0,42 (2,09)}{\log(110) - \log(2,5)} = 0,995569$$

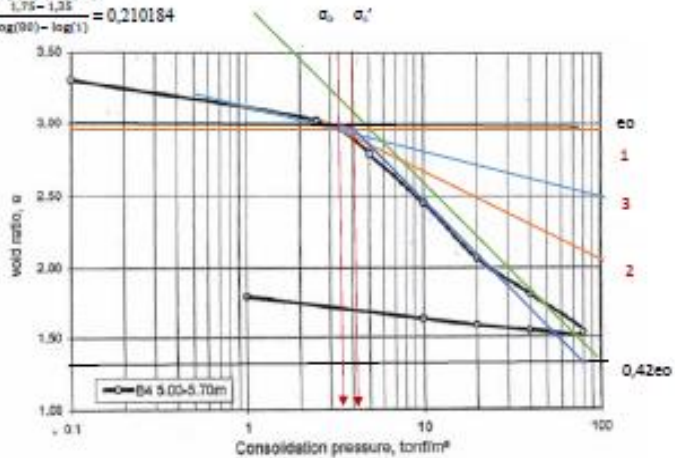
$$C_s = \frac{1,5 - 1,3}{\log(80) - \log(1)} = 0,105092$$

Gambar L2.11. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 3(b)

$$\sigma_v' = \gamma' x/h = 2,02 \text{ t/m}^2 + (0,45 \times 2) + (0,36 \times 1) = 3,28 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{3,75 - 0,42 (3,77)}{\log(3,4) - \log(3,4)} = 2,1666$$

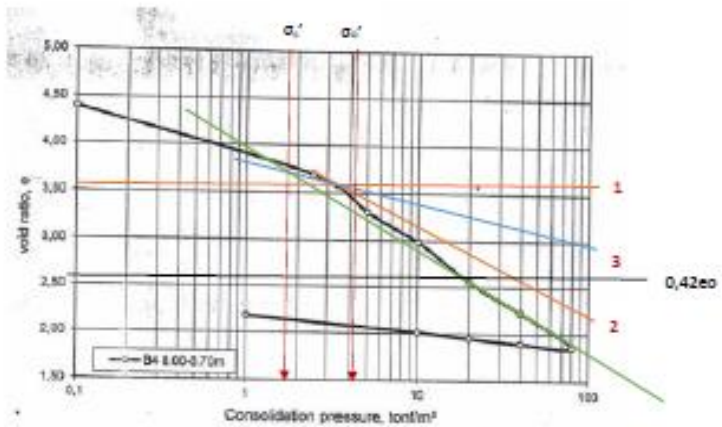
$$C_s = \frac{1,75 - 1,25}{\log(10) - \log(1)} = 0,210184$$

Gambar L2.12. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 4(a)

$$\sigma_v' = \gamma' x/h = (1,8 \times 0,7) + (0,8 \times 0,8) + (0,42 \times 4,5) = 3,37 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{2,9 - 0,42 (3)}{\log(70) - \log(4,2)} = 1,292137$$

$$C_s = \frac{1,0 - 1,5}{\log(10) - \log(1)} = 0,157638$$

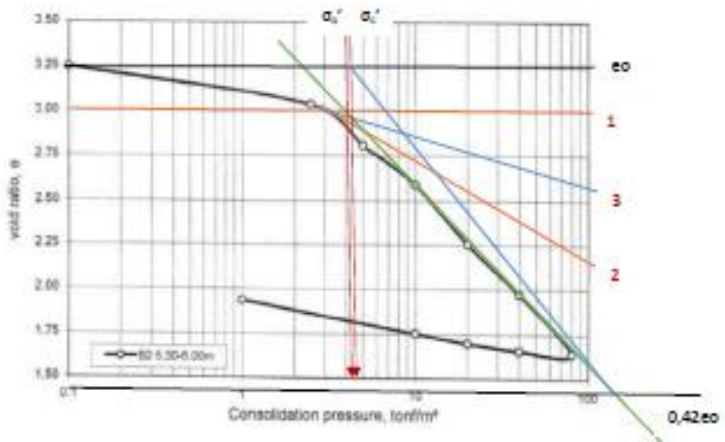


Gambar L2.13. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 4(b)

$$\sigma'_v = \gamma' \times h = 3,37 \text{ t/m}^2 + (0,42 \times 1) + (0,25 \times 2) = 4,29 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{e_0 - e_{100}}{\log(100) - \log(1,0)} = 3,2120258$$

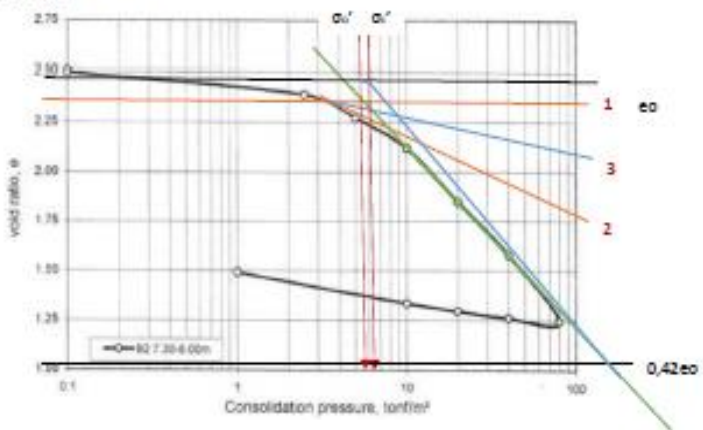
$$C_s = \frac{e_0 - e_{10}}{\log(10) - \log(1)} = 0,210184; \text{ diambil } 0,1 \text{ } C_c = 0,32120258$$

Gambar L2.14. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 6(a)

$$\sigma_p' = \gamma' \times h = (1.8 \times 0.7) + (0.8 \times 2.7) + (0.386 \times 2) = 4.19 \text{ t/m}^2$$

$$Cc = \frac{3.15 - 0.42}{\log(120) - \log(4.4)} = 1.2432712$$

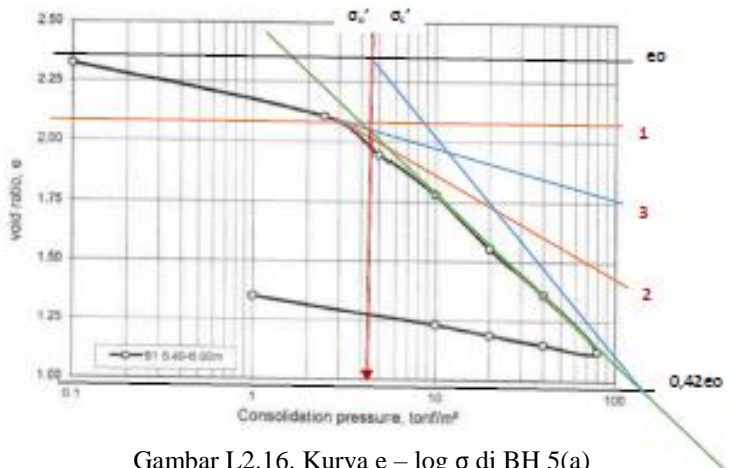
$$Cs = \frac{1.9 - 1.65}{\log(90) - \log(1)} = 0.210184$$

Gambar L2.15. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 6(b)

$$\sigma_p' = \gamma' \times h = 4.19 \text{ t/m}^2 + (0.386 \times 2) + (0.473 \times 0.5) = 5.20 \text{ t/m}^2$$

$$Cc = \frac{2.45 - 0.42}{\log(170) - \log(6)} = 0.9668817$$

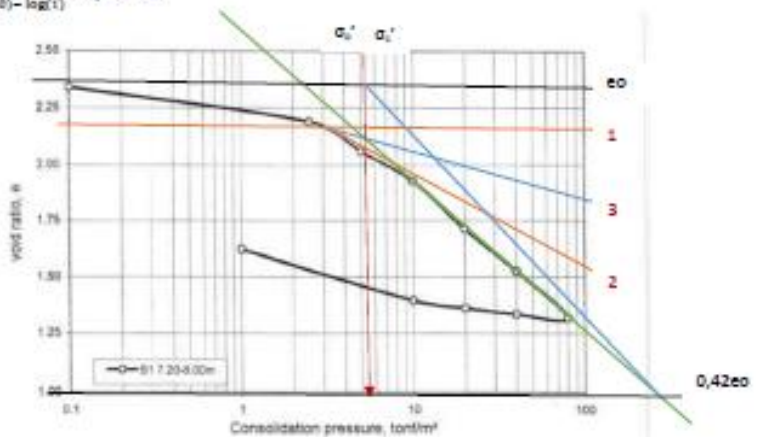
$$Cs = \frac{1.5 - 1.25}{\log(90) - \log(1)} = 0.131365$$

Gambar L2.16. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 5(a)

$$\sigma'_0 = \gamma' \times h = (1.8 \times 0.7) + (0.8 \times 2.7) + (0.497 \times 2) = 4.41 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{2.3 - 0.42(2.22)}{\log(150) - \log(4.5)} = 0.8704567$$

$$C_s = \frac{1.25 - 1.15}{\log(90) - \log(1)} = 0.105092$$

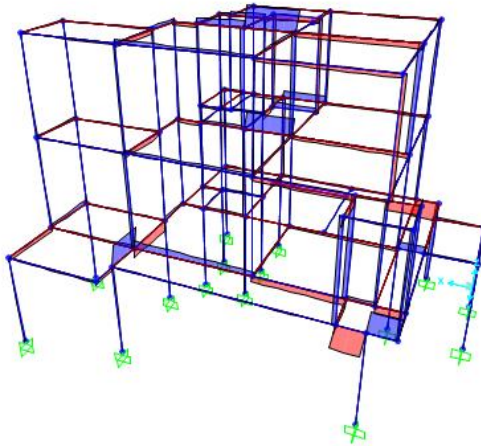
Gambar L2.17. Kurva $e - \log \sigma$ di BH 5(b)

$$\sigma'_0 = \gamma' \times h = 4.41 \text{ t/m}^2 + (0.497 \times 0.5) + (0.485 \times 1.5) = 5.39 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = \frac{2.3 - 0.42(2.24)}{\log(200) - \log(5.4)} = 0.8397103$$

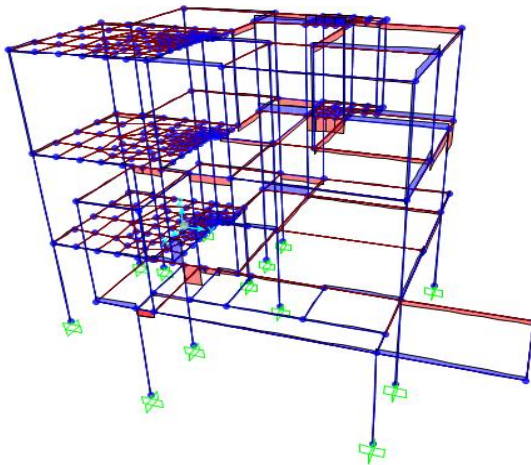
$$C_s = \frac{1.6 - 1.3}{\log(90) - \log(1)} = 0.157638$$

Shear Force 2-2 Diagram (1D+1L)



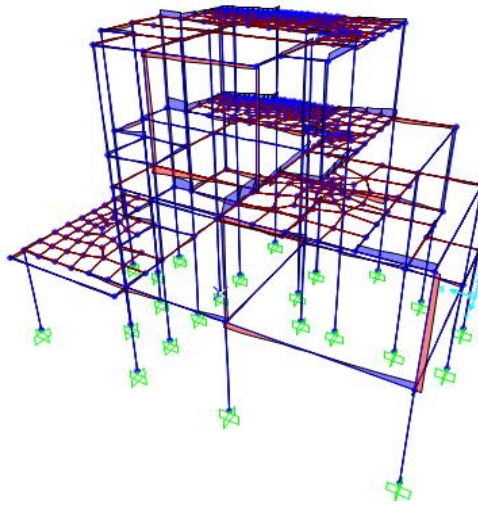
Gambar L3.1. Pemodelan struktur tipe rumah Blanca

Shear Force 2-2 Diagram (1D+1L)



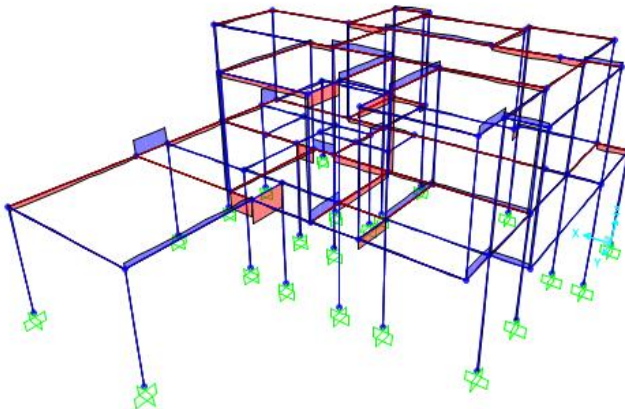
Gambar L3.2. Pemodelan struktur tipe rumah Brazza

Shear Force 2-2 Diagram (1D+1L)



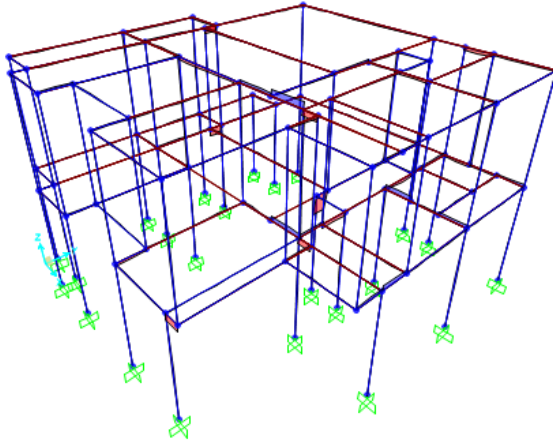
Gambar L3.3. Pemodelan struktur tipe rumah Brieve

Shear Force 2-2 Diagram (1D+1L)



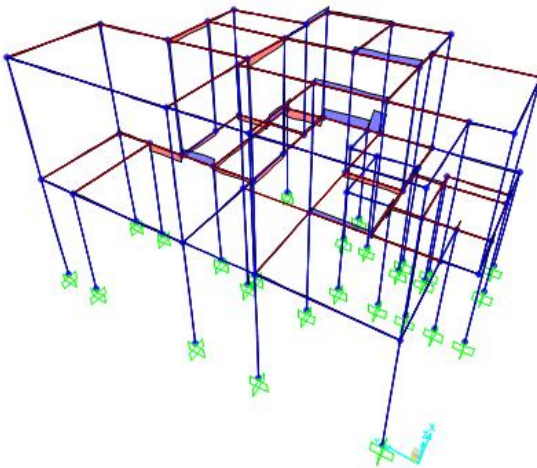
Gambar L3.4 Pemodelan struktur tipe rumah Lincoln

Shear Force 2-2 Diagram (1D+1L)

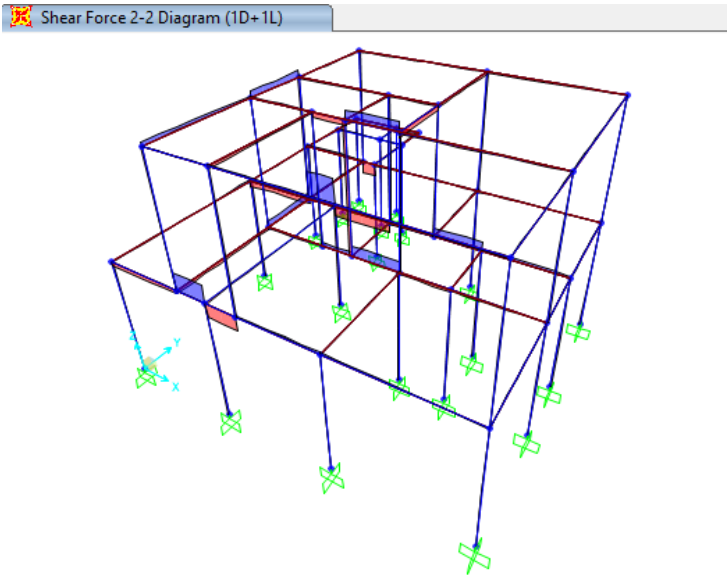


Gambar L3.5. Pemodelan struktur tipe rumah Brewers

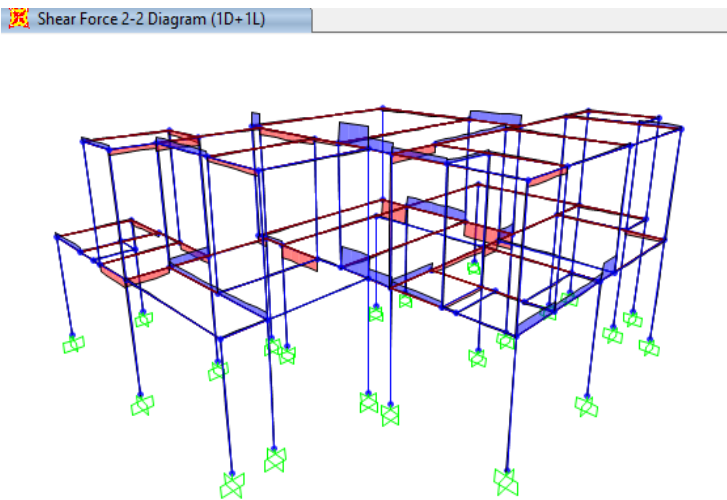
Shear Force 2-2 Diagram (1D+1L)



Gambar L3.6. Pemodelan struktur tipe rumah Branson

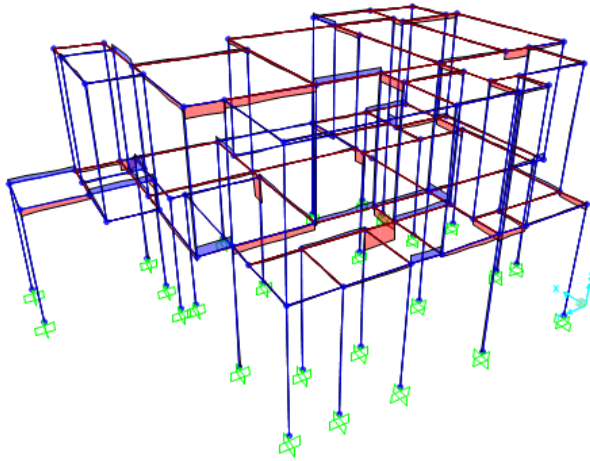


Gambar L3.7. Pemodelan struktur tipe rumah Catriona



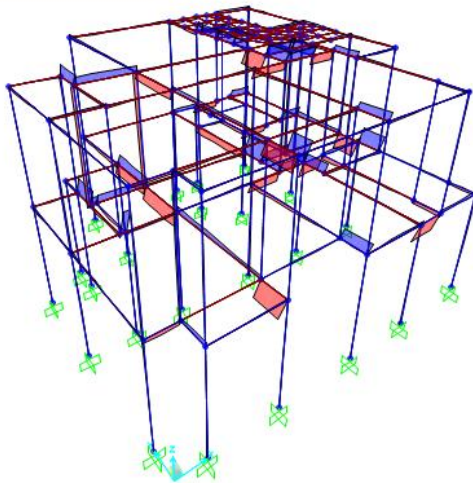
Gambar L3.8. Pemodelan struktur tipe rumah Westmont

Shear Force 2-2 Diagram (1D+1L)



Gambar L3.9. Pemodelan struktur tipe rumah Brinkman

Shear Force 2-2 Diagram (1D+1L)



Gambar L3.10. Pemodelan struktur tipe rumah Compton

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel L4.1. Rekapitulasi Elevasi Tanah Dasar dan Pembagian Zona berdasarkan Kondisi Elevasi Tanah

Elevasi Tambak							
ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
3,02	0,69	1,55	0,99	1,53	1,32	1,61	1,19
3,02	0,75	1,69	0,94	1,46	1,99	1,53	1,18
3,07	1,04	1,51	1,34	1,49	2,08	2,17	1,16
1,76	0,73	1,45	1,11	1,71	1,99	2,08	1,39
2,76	0,71	1,72	0,97	1,74	2,19	1,76	1,15
1,86	1,14	1,82	1,31	1,31	1,67	2,07	1,35
1,78	1,12	1,82	1,29	1,28	2,32	1,76	1,03
1,73	1,22	1,87	1,29	1,45	1,21	1,89	1,23
2,97	1,37	1,51	1,11	1,48	2,01	1,82	1,19
2,97	1,33	1,79	1,13	1,29	2,1	1,25	1,15
3,15	1,33	1,82	1,23	1,33	2,48	1,78	1,41
2,07	1,1	1,88	1,29	1,25	2,06	1,36	1,05
2,43	1,31	1,87	1,05	1,51	2,29	1,35	1,16
2,99	1,21	1,97	1,29	1,44	1,66	1,44	1,17
2,99	1,4	1,74	0,97	1,54	1,44	1,6	1,21
3,07	1,37	1,8	1,53	1,42	1,46	1,51	1,19
3,15	1,34	1,97	1,56	1,47	1,52	1,72	1,22
2,07	1,41	1,64	1,17	1,88	1,44	1,52	1,21
2,43	1,34	1,82	1,3	1,7	1,84	1,83	1,07
1,87	1,33	1,62	1,44	1,26	2,21	1,52	1,07
2,92	1,33	1,88	1,25	1,23	1,46	1,5	1,12
1,99	1,01	1,41	1,57	1,41	1,45	1,56	1,07
3,15	1,17	1,3	1,25	1,25	1,45	1,93	0,92
3,15	1,01	1,94	1,38	1,57	1,43	1,61	1,55
3,06	1,06	1,4	1,44	1,59	1,32	1,48	0,93
3,16	1,33	1,36	1,17	1,23	1,38	1,59	1,09
1,86	1,08	1,35	1,29	1,3	1,33	1,85	1,075
3,06	0,85	1,86	1,3	1,24	1,44	1,65	1,06
2,91	1,17	1,66	1,24	1,53	1,44	1,49	0,99
2,98	1,17	1,38	1,31	1,72	1,42	1,7	1,16
1,76	1,11	1,59	1,37	1,68	1,43	1,62	1,1
2,93	1,31	1,64	1,27	1,31	1,45	1,72	1
1,99	1,17	1,5	1,02	1,66	1,51	1,38	0,98
2,77	1,32	1,64	1,12	1,66	1,85	1,49	1,17
2,09	1,17	1,37	1,44	1,56	1,48	1,46	1,12
3	1,17	1,75	1,49	1,26	1,45	1,91	1,15
3,01	1,31	1,66	1,45	1,2	1,46	1,46	1,17

Elevasi Tambak							
ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
2,96	1,32	1,45	1,52	1,16	1,49	1,72	1,22
1,99	1,14	1,52	1,35	1,51	1,5	1,6	1,25
3,06	1,17	1,52	1,38	1,49	1,5	1,72	1,22
2,9	1,14	1,7	1,22	1,47	1,26	1,64	1,01
3,04	1,17	1,98	1,27	1,51	1,9	1,96	1,24
2,68	1,13	1,96	1,27	1,52	1,92	1,48	1,15
2,81	1,67	1,94	1,19	1,18	1,78	1,42	1,08
2,7	1,48	1,71	1,25	1,2	1,78	1,51	1,17
2,12	1,42	1,42	1,35	1,11	1,51	1,96	1,16
2,87	1,45	1,71	1,32	1,59	1,28	1,54	1,16
2,88	1,4	1,83	1,39	1,55	1,23	1,52	1,13
2,94	1,39	1,97	1,38	1,59	1,52	1,62	1,04
3,02	1,53	1,99	1,29	1,55	1,49	1,55	1,05
2,17	1,7	1,9	1,37	1,57	1,53	1,54	1,07
2,82	1,72	1,87	1,46	1,52	1,29	1,9	0,9
2,94	1,67	1,83	1,45	1,62	1,29	1,56	0,92
2,2	1,74	1,63	1,37	1,67	1,52	1,75	0,99
2,32	1,61	1,82	1,42	1,49	1,23	2	1,06
2,53	1,57	1,78	1,52	1,27	1,5	1,47	1,05
2,98	1,47	1,79	1,44	1,49	1,54	1,43	1,05
2,25	1,37	1,8	1,36	1,25	1,57	1,71	0,94
2,01	1,31	1,85	1,17	1,41	1,48	1,51	1,06
2,84	1,35	1,9	1,17	1,69	1,43	1,55	1,05
2,56	1,21	2,11	1,32	1,26	1,38	1,33	0,94
2,78	1,68	1,95	1,28	1,48	1,46	1,35	1,01
2,86	1,32	1,71	1,25	1,44	1,47	1,57	1,06
2,85	1,42	1,76	1,34	1,7	1,54	1,58	0,99
2,89	1	1,82	1,19	1,48	1,4	1,4	1,23
2,29	1,21	1,74	1,24	1,29	1,5	1,57	1,07
1,98	1,22	1,55	1,22	1,75	1,47	1,37	1,12
2,51	1,07	1,74	1,17	1,52	1,45	1,57	1,02
2,49	1,16	1,55	1,32	1,84	1,38	1,35	1,06
2,85	1,08	1,74	1,13	1,25	1,48	1,43	0,96
2,61	1,2	1,58	1,32	1,5	1,79	1,35	0,99
2,99	1,23	1,73	1,21	1,55	1,51	1,34	0,88
3,03	1,28	1,53	1,41	1,23	2,13	1,6	1,26
3,07	1,29	1,71	1,43	1,19	2,06	1,45	1,27

	Elevasi Tambak							
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
			1,86					
			1,97					
			1,97					
			2					
			2,49					
			2,38					
			2,38					
			2,41					
			2,36					
			2,29					
			2,29					
			2,08					
			2,25					
			2,36					
			2,24					
			1,51					
			2,4					
			2,35					
			2,23					
			2,16					
			2,21					
			2,31					
			2,26					
			2,28					
			1,89					
			2,4					
			2,18					
			2,44					
			2,29					
			2,39					
			2,36					
			2,42					
			2,17					
Elevasi Maksimum	1,68	0,69	1,26	0,79	1,00	1,04	0,85	0,88
Elevasi Minimum	3,18	2,17	2,66	1,65	2,11	2,51	2,24	2,07
Elevasi Rata - rata	2,61	1,29	1,92	1,32	1,50	1,77	1,47	1,18
Reutang Elevasi	1,50	1,48	1,40	0,86	1,11	1,47	1,39	1,19

Tabel L4.2. Data Tanah Zona 1

No	Kedalaman (m)	N- SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	oc	Sr	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)	Cv (cm ² /s)
1	0-1,2	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
2	1,2-2	1	2,6	1,299	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120	0,00019
3	2-3	1	2,6	1,299	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120	0,00019
4	3-4	1	2,6	1,299	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120	0,00019
5	4-5	1	2,6	1,299	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120	0,00019
6	5-6	1	2,6	1,299	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120	0,00019
7	6-7	1	2,6	1,299	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120	0,00019
8	7-8	1	2,6	1,299	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120	0,00019
9	8-9	1	2,6	1,299	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,1	0	92	30	0,620	1,200	0,120	0,00019
10	9-10	1	2,63	1,621	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	92	30	0,620	0,980	0,131	0,00021
11	10-11	1	2,63	1,621	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131	0,00021
12	11-12	1	2,63	1,621	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131	0,00021
13	12-13	1	2,63	1,621	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131	0,00021
14	13-14	1	2,63	1,621	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131	0,00021
15	14-15	1	2,63	1,621	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131	0,00021
16	15-16	2	2,63	1,621	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131	0,00021
17	16-17	2	2,63	1,621	1,514	0,830	2,17	0,954	1,1562	0,1	0	97	24	0,730	0,980	0,131	0,00021
18	17-18	10	2,58	1,640	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169	0,00012

Tabel L4.3. Data Tanah Zona 2

No	Kedalaman (m)	N- SPT	Gs	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	oc	Sr	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)	Cv (cm ² /s)
1	0-1,4	-	2,7	1,75	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
2	1,4-2	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,10	0	92	30	0,62	1,200	0,120	0,00019
3	2-3	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,10	0	92	30	0,62	1,200	0,120	0,00019
4	3-4	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,10	0	92	30	0,62	1,200	0,120	0,00019
5	4-5	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,10	0	92	30	0,62	1,200	0,120	0,00019
6	5-6	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,10	0	92	30	0,62	1,200	0,120	0,00019
7	6-7	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,10	0	92	30	0,62	1,200	0,120	0,00019
8	7-8	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,10	0	92	30	0,62	1,200	0,120	0,00019
9	8-9	1	2,6	1,42	1,426	0,691	2,76	0,878	0,8271	0,10	0	92	30	0,62	1,200	0,120	0,00019
10	9-10	1	2,615	1,465	1,466	0,755	2,465	0,916	0,9917	0,10	0	92	30	0,62	1,090	0,126	0,0002
11	10-11	1	2,615	1,465	1,466	0,755	2,465	0,916	0,9917	0,10	0	94,5	27	0,675	1,090	0,126	0,0002
12	11-12	2	2,615	1,465	1,466	0,755	2,465	0,916	0,9917	0,10	0	94,5	27	0,675	1,090	0,126	0,0002
13	12-13	2	2,615	1,465	1,466	0,755	2,465	0,916	0,9917	0,10	0	94,5	27	0,675	1,090	0,126	0,0002
14	13-14	2	2,615	1,465	1,466	0,755	2,465	0,916	0,9917	0,10	0	94,5	27	0,675	1,090	0,126	0,0002
15	14-15	3	2,615	1,465	1,466	0,755	2,465	0,916	0,9917	0,10	0	94,5	27	0,675	1,090	0,126	0,0002
16	15-16	4	2,615	1,465	1,466	0,755	2,465	0,916	0,9917	0,1	0	94,5	27	0,675	1,090	0,126	0,0002
17	16-17	2	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1
18	17-18	2	2,71	1,48	1,486	0,770	2,520	0,875	0,9410	0,11	0	133	30	1,030	1,294	0,131	0,0002
19	18-19	2	2,71	1,48	1,486	0,770	2,520	0,875	0,9410	0,11	0	133	30	1,030	1,294	0,131	0,0002
20	19-20	10	2,58	1,64	1,640	1,046	1,463	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169	0,00012

Tabel L4.4. Data Tanah Zona 3

No	Kedalaman (m)	N-SPT	Gs	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	ec	Sr	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)	Cv (cm ² /s)
1	0-1	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
2	1-2,5	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
3	2,5-3	1	2,625	1,465	1,459	0,742	2,54	0,865	0,9001	0,1	0	98	34	0,64	1,035	0,113	0,00016
4	3-4	1	2,625	1,465	1,459	0,742	2,54	0,865	0,9001	0,1	0	98	34	0,64	1,035	0,113	0,00016
5	4-5	1	2,625	1,465	1,459	0,742	2,54	0,865	0,9001	0,1	0	98	34	0,64	1,035	0,113	0,00016
6	5-6	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
7	6-7	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
8	7-8	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
9	8-9	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
10	9-10	1	2,625	1,495	1,499	0,806	2,255	0,906	1,0584	0,09	0	86,5	31	0,555	0,910	0,145	0,00022
11	10-11	1	2,625	1,495	1,499	0,806	2,255	0,906	1,0584	0,09	0	89	28	0,610	0,910	0,145	0,00022
12	11-12	1	2,625	1,495	1,499	0,806	2,255	0,906	1,0584	0,09	0	89	28	0,610	0,910	0,145	0,00022
13	12-13	1	2,625	1,495	1,499	0,806	2,255	0,906	1,0584	0,09	0	89	28	0,610	0,910	0,145	0,00022
14	13-14	3	2,62	1,48	1,485	0,784	2,34	0,858	0,9607	0,08	0	81	32	0,490	0,840	0,158	0,00023
15	14-15	4	2,625	1,495	1,499	0,806	2,255	0,906	1,0584	0,09	0	89	28	0,610	0,910	0,145	0,00044
16	15-16	5	2,625	1,495	1,499	0,806	2,255	0,906	1,0584	0,09	0	89	28	0,610	0,910	0,145	0,00044
17	16-17	5	2,625	1,495	1,499	0,806	2,255	0,906	1,0584	0,09	0	89	28	0,610	0,910	0,145	0,00044
18	17-18	5	2,57	1,674	1,672	1,099	1,338	0,520	1,0000	0,89	0	50	29	0,201	0,791	0,158	0,00038
19	18-19	7	2,56	1,71	1,707	1,159	1,121	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026

Tabel L4.5. Data Tanah Zona 4

No	Kedalaman (m)	N- SPT	Gs	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	oc	Sr	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)	Cv (cm ² /s)
1	0-1	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
2	1-2	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
3	2-3	1	2,63	1,465	1,459	0,742	2,54	0,865	0,9001	0,1	0	98,5	34,5	0,640	1,035	0,113	0,000165
4	3-4	1	2,63	1,465	1,459	0,742	2,54	0,865	0,9001	0,1	0	98,5	34,5	0,640	1,035	0,113	0,000165
5	4-5	1	2,63	1,465	1,459	0,742	2,54	0,865	0,9001	0,1	0	98,5	34,5	0,640	1,035	0,113	0,000165
6	5-6	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
7	6-7	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
8	7-8	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
9	8-9	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
10	9-10	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
11	10-11	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
12	11-12	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
13	12-13	1	2,61	1,45	1,454	0,735	2,55	0,868	0,8939	0,09	0	86,5	31	0,555	1,020	0,139	0,00021
14	13-14	1	2,70	2,15	2,156	1,837	0,47	0,170	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1
15	14-15	1	2,70	2,15	2,156	1,837	0,47	0,170	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1
16	15-16	2	2,67	1,48	1,485	0,777	2,43	0,867	0,9508	0,10	0	107	31	0,760	1,067	0,145	0,000215
17	16-17	5	2,67	1,48	1,485	0,777	2,43	0,867	0,9508	0,10	0	107	31	0,760	1,067	0,145	0,000215
18	17-18	5	2,67	1,48	1,485	0,777	2,43	0,867	0,9508	0,10	0	107	31	0,760	1,067	0,145	0,000215
19	18-19	7	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169	0,00012
20	19-20	10	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169	0,00012

Tabel L4.6. Data Tanah Zona 5

No	Kedalaman (m)	N- SPT	Gs	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	oc	Sr	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)	Cv (cm ² /s)
1	0-1	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
2	1-2	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
3	2-3	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
4	3-4	1	2,675	1,465	1,505	0,806	2,32	0,852	0,9824	0,1	0	105	39	0,660	0,867	0,105	0,000205
5	4-5	1	2,675	1,465	1,505	0,806	2,32	0,852	0,9824	0,1	0	105	39	0,660	0,867	0,105	0,000205
6	5-6	1	2,675	1,465	1,505	0,806	2,32	0,852	0,9824	0,1	0	105	39	0,660	0,867	0,105	0,000205
7	6-7	1	2,66	1,45	1,497	0,796	2,34	0,858	0,9753	0,08	0	81	32	0,490	0,812	0,158	0,00025
8	7-8	1	2,69	1,425	1,506	0,805	2,34	0,858	0,9863	0,08	0	81	32	0,490	0,812	0,158	0,000255
9	8-9	1	2,69	1,425	1,506	0,805	2,34	0,858	0,9863	0,08	0	81	32	0,490	0,812	0,158	0,000255
10	9-10	2	2,69	1,425	1,506	0,805	2,34	0,858	0,9863	0,08	0	81	32	0,490	0,812	0,158	0,000255
11	10-11	2	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1
12	11-12	2	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1
13	12-13	2	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026
14	13-14	2	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026
15	14-15	2	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026
16	15-16	2	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026
17	16-17	2	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026
18	17-18	4	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026
19	18-19	6	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026

Tabel L4.7. Data Tanah Zona 6

No	Kedalaman (m)	N- SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	e _o	ω_c	S _r	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	C _c (t/m ³)	C _s (t/m ³)	C _v (cm ² /s)
1	0-1,4	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
2	1,4-2	1	2,675	1,435	1,438	0,699	2,83	0,901	0,8532	0,1	0	97	35,5	0,615	1,110	0,113	0,000265
3	2-3,5	1	2,675	1,435	1,438	0,699	2,83	0,901	0,8532	0,1	0	97	35,5	0,615	1,110	0,113	0,000265
4	3,5-4	1	2,675	1,435	1,438	0,699	2,83	0,901	0,8532	0,1	0	97	35,5	0,615	1,110	0,113	0,000265
5	4-5	1	2,675	1,39	1,393	0,627	3,27	0,950	0,7859	0,1	0	87,5	33	0,545	1,683	0,165	0,00016
6	5-6	1	2,675	1,39	1,393	0,627	3,27	0,950	0,7859	0,1	0	87,5	33	0,545	1,683	0,165	0,00016
7	6-7	1	2,675	1,39	1,393	0,627	3,27	0,950	0,7859	0,1	0	87,5	33	0,545	1,683	0,165	0,00016
8	7-8	1	2,675	1,39	1,393	0,627	3,27	0,950	0,7859	0,1	0	87,5	33	0,545	1,683	0,165	0,00016
9	8-9	1	2,69	1,435	1,426	0,678	2,97	0,988	0,9505	0,1	0	87,5	33	0,545	1,573	0,171	0,00017
10	9-10	2	2,69	1,435	1,426	0,678	2,97	0,988	0,9505	0,1	0	90	30	0,600	1,573	0,171	0,00017
11	10-11	2	2,69	1,435	1,426	0,678	2,97	0,988	0,9505	0,1	0	90	30	0,600	1,573	0,171	0,00017
12	11-12	2	2,69	1,435	1,426	0,678	2,97	0,988	0,9505	0,1	0	90	30	0,600	1,573	0,171	0,00017
13	12-13	2	2,69	1,435	1,426	0,678	2,97	0,988	0,9505	0,1	0	90	30	0,600	1,573	0,171	0,00017
14	13-14	2	2,69	1,435	1,426	0,678	2,97	0,988	0,9505	0,1	0	90	30	0,600	1,573	0,171	0,050105
15	14-15	2	2,69	1,435	1,426	0,678	2,97	0,988	0,9505	0,1	0	90	30	0,600	1,573	0,171	0,050105
16	15-16	2	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,170	0,9766	0,03	50	0	0	0,000	0	0	0,1
17	16-17	3	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,170	0,9766	0,03	50	0	0	0,000	0	0	0,1
18	17-18	4	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169	0,00012
19	18-19	6	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169	0,00012
20	19-20	10	2,58	1,64	1,640	1,046	1,46	0,568	0,9999	0,23	0	43	29	0,137	0,846	0,169	0,00012

Tabel L4.8. Data Tanah Zona 7

No	Kedalaman (m)	N-SPT	Gs	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	eo	oc	Sr	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	Cc (t/m ²)	Cs (t/m ²)	Cv (cm ² /s)
1	0-1,5	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
2	1,5-2	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158	0,00027
3	2-3	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158	0,00027
4	3-4	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158	0,00027
5	4-5	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158	0,00027
6	5-6	1	2,7	1,42	1,425	0,675	3	0,856	0,7704	0,1	0	100	22	0,780	1,293	0,158	0,00027
7	6-7	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
8	7-8	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
9	8-9	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
10	9-10	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
11	10-11	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
12	11-12	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
13	12-13	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
14	13-14	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
15	14-15	1	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,1	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
16	15-16	2	2,76	1,37	1,250	0,391	6,05	1,243	0,5671	0,2	0	127	35	0,920	3,212	0,321	0,00028
17	16-17	5	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1
18	17-18	10	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1

Tabel L4.9. Data Tanah Zona 8

No	Kedalaman (m)	N- SPT	G _s	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	e _o	ω_c	S _r	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	LL (%)	PL (%)	IP	C _c (t/m ²)	C _s (t/m ²)	C _v (cm ² /s)
1	0-1	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
2	1-2	-	2,7	1,756	1,756	1,200	1,25	0,463	1,0001	0	30	0	0	0	0	0	0,1
3	2-3	1	2,675	1,47	1,458	0,731	2,66	0,854	0,8718	0,1	0	102,5	30,5	0,72	1,081	0,131	0,000205
4	3-4	1	2,675	1,47	1,458	0,731	2,66	0,854	0,8718	0,1	0	102,5	30,5	0,72	1,081	0,131	0,000205
5	4-5	1	2,675	1,47	1,458	0,731	2,66	0,854	0,8718	0,1	0	102,5	30,5	0,72	1,081	0,131	0,000205
6	5-6	1	2,66	1,45	1,452	0,725	2,67	0,857	0,8655	0,09	0	90,5	27	0,635	1,066	0,158	0,000205
7	6-7	1	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
8	7-8	1	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
9	8-9	1	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
10	9-10	2	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
11	10-11	2	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
12	11-12	2	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
13	12-13	2	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
14	13-14	2	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
15	14-15	2	2,69	1,43	1,325	0,518	4,20	1,051	0,7639	0,09	0	104	33,5	0,705	2,026	0,239	0,000255
16	15-16	2	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1
17	16-17	3	2,7	2,15	2,156	1,837	0,47	0,17	0,9766	0,03	50	0	0	0	0	0	0,1
18	17-18	4	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026
19	18-19	6	2,56	1,71	1,707	1,159	1,21	0,473	1,0000	1,55	0	56	29	0,266	0,736	0,147	0,00026

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel L5.2. Perhitungan *Settlement* pada Zona 6.1 dengan H timbunan = 4 m

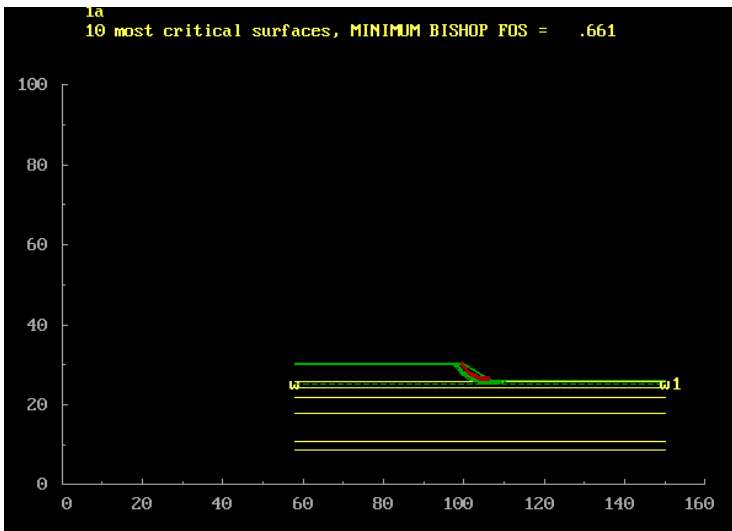
No	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan	Z	γ_{sat} (t/m ³)	P _o (t/m ²)	P _c (t/m ²)	σ timbunan (t/m ²)	$\Delta\sigma$ paving (t/m ²)	$\Delta\sigma$ trafic (t/m ²)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	C _s	C _c	eo	Sci (m)	
1	0-1,4	1,4	0,7	1,756	0,529	1,129	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,000	0,000	1,250	0,0000	
2	1,4-2	0,6	1,7	1,438	1,189	1,789	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,113	1,110	2,825	0,1343	
3	2-3,5	1,5	2,75	1,438	1,649	2,249	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,113	1,110	2,825	0,2990	
4	3,5-4	0,5	3,75	1,438	2,087	2,687	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,113	1,110	2,825	0,0906	
5	4-5	1	4,5	1,393	2,393	2,993	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,165	1,683	3,265	0,2321	
6	5-6	1	5,5	1,393	2,785	3,385	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,165	1,683	3,265	0,2164	
7	6-7	1	6,5	1,393	3,178	3,778	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,165	1,683	3,265	0,2028	
8	7-8	1	7,5	1,393	3,571	4,171	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,165	1,683	3,265	0,1910	
9	8-9	1	8,5	1,426	3,980	4,580	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,171	1,573	2,970	0,1812	
10	9-10	1	9,5	1,426	4,406	5,006	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,171	1,573	2,970	0,1713	
11	10-11	1	10,5	1,426	4,831	5,431	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,171	1,573	2,970	0,1624	
12	11-12	1	11,5	1,426	5,257	5,857	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,171	1,573	2,970	0,1545	
13	12-13	1	12,5	1,426	5,683	6,283	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,171	1,573	2,970	0,1474	
14	13-14	1	13,5	1,426	6,109	6,709	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,171	1,573	2,970	0,1409	
15	14-15	1	14,5	1,426	6,534	7,134	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,171	1,573	2,970	0,1350	
16	15-16	1	15,5	2,156	7,325	7,925	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,000	0,000	0,470	0,0000	
17	16-17	1	16,5	2,156	8,482	9,082	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,000	0,000	0,470	0,0000	
18	17-18	1	17,5	1,640	9,380	9,980	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,169	0,846	1,463	0,0925	
19	18-19	1	18,5	1,640	10,020	10,620	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,169	0,846	1,463	0,0883	
20	19-20	1	19,5	1,640	10,660	11,260	7,2000	0,7500	1,000	8,9500	0,169	0,846	1,463	0,0844	
														ΣSci	2,7242

Tabel L5.3. Perhitungan *Settlement* pada Zona 6.1 dengan H timbunan = 3 m

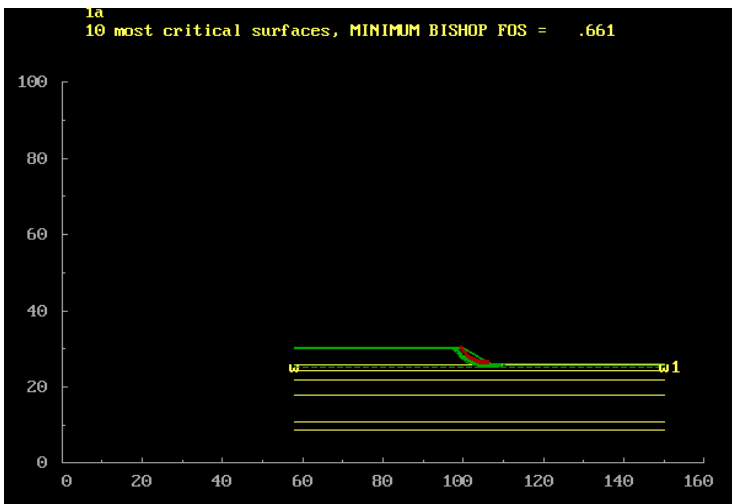
No	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan	Z	γ_{sat} (t/m ³)	P _o (t/m ²)	P _c (t/m ²)	σ timbunan (t/m ²)	$\Delta\sigma$ paving (t/m ²)	$\Delta\sigma$ trafic (t/m ²)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	C _s	C _c	eo	Sci (m)	
1	0-1,4	1,4	0,7	1,756	0,529	1,129	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,000	0,000	1,250	0,0000	
2	1,4-2	0,6	1,7	1,438	1,189	1,789	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,113	1,110	2,825	0,1195	
3	2-3,5	1,5	2,75	1,438	1,649	2,249	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,113	1,110	2,825	0,2638	
4	3,5-4	0,5	3,75	1,438	2,087	2,687	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,113	1,110	2,825	0,0794	
5	4-5	1	4,5	1,393	2,393	2,993	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,165	1,683	3,265	0,2025	
6	5-6	1	5,5	1,393	2,785	3,385	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,165	1,683	3,265	0,1878	
7	6-7	1	6,5	1,393	3,178	3,778	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,165	1,683	3,265	0,1753	
8	7-8	1	7,5	1,393	3,571	4,171	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,165	1,683	3,265	0,1644	
9	8-9	1	8,5	1,426	3,980	4,580	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,171	1,573	2,970	0,1554	
10	9-10	1	9,5	1,426	4,406	5,006	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,171	1,573	2,970	0,1464	
11	10-11	1	10,5	1,426	4,831	5,431	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,171	1,573	2,970	0,1383	
12	11-12	1	11,5	1,426	5,257	5,857	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,171	1,573	2,970	0,1312	
13	12-13	1	12,5	1,426	5,683	6,283	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,171	1,573	2,970	0,1248	
14	13-14	1	13,5	1,426	6,109	6,709	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,171	1,573	2,970	0,1190	
15	14-15	1	14,5	1,426	6,534	7,134	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,171	1,573	2,970	0,1137	
16	15-16	1	15,5	2,156	7,325	7,925	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,000	0,000	0,470	0,0000	
17	16-17	1	16,5	2,156	8,482	9,082	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,000	0,000	0,470	0,0000	
18	17-18	1	17,5	1,640	9,380	9,980	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,169	0,846	1,463	0,0771	
19	18-19	1	18,5	1,640	10,020	10,620	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,169	0,846	1,463	0,0734	
20	19-20	1	19,5	1,640	10,660	11,260	5,4000	0,7500	1,0000	7,1500	0,169	0,846	1,463	0,0700	
														Σsci	2,3423

Tabel L5.4. Perhitungan *Settlement* pada Zona 6.1 dengan H timbunan = 2 m

No	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan	Z	γ_{sat} (t/m ³)	P'o (t/m ²)	P'c (t/m ²)	σ timbunan (t/m ²)	$\Delta\sigma$ paving (t/m ²)	$\Delta\sigma$ trafic (t/m ²)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	Cs	Cc	eo	Sci (m)
1	0-1,4	1,4	0,7	1,756	0,529	1,129	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,000	0,000	1,250	0,0000
2	1,4-2	0,6	1,7	1,438	1,189	1,789	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,113	1,110	2,825	0,1011
3	2-3,5	1,5	2,75	1,438	1,649	2,249	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,113	1,110	2,825	0,2206
4	3,5-4	0,5	3,75	1,438	2,087	2,687	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,113	1,110	2,825	0,0658
5	4-5	1	4,5	1,393	2,393	2,993	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,165	1,683	3,265	0,1667
6	5-6	1	5,5	1,393	2,785	3,385	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,165	1,683	3,265	0,1536
7	6-7	1	6,5	1,393	3,178	3,778	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,165	1,683	3,265	0,1425
8	7-8	1	7,5	1,393	3,571	4,171	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,165	1,683	3,265	0,1329
9	8-9	1	8,5	1,426	3,980	4,580	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,171	1,573	2,970	0,1251
10	9-10	1	9,5	1,426	4,406	5,006	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,171	1,573	2,970	0,1172
11	10-11	1	10,5	1,426	4,831	5,431	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,171	1,573	2,970	0,1103
12	11-12	1	11,5	1,426	5,257	5,857	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,171	1,573	2,970	0,1042
13	12-13	1	12,5	1,426	5,683	6,283	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,171	1,573	2,970	0,0988
14	13-14	1	13,5	1,426	6,109	6,709	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,171	1,573	2,970	0,0939
15	14-15	1	14,5	1,426	6,534	7,134	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,171	1,573	2,970	0,0895
16	15-16	1	15,5	2,156	7,325	7,925	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,000	0,000	0,470	0,0000
17	16-17	1	16,5	2,156	8,482	9,082	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,000	0,000	0,470	0,0000
18	17-18	1	17,5	1,640	9,380	9,980	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,169	0,846	1,463	0,0599
19	18-19	1	18,5	1,640	10,020	10,620	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,169	0,846	1,463	0,0569
20	19-20	1	19,5	1,640	10,660	11,260	3,6000	0,7500	1,0000	5,3500	0,169	0,846	1,463	0,0541
													ΣSci	1,8930



Gambar L5.1. Hasil xstabl untuk H timbunan 4,021 m di Zona 6.1.



Gambar L5.2. Hasil xstabl untuk H timbunan 2 m di Zona 6.1.

Tabel L5.5. Output Hasil Perhitungan xstabl untuk Ketinggian Timbunan Awal (H inisial = 4,185 m) di Zona 6.1.

STABL File: 2ZONA6 6-11-17 25:28						

X S T A B L						
Slope Stability Analysis						
using the						
Method of Slices						
Copyright (C) 1992 - 99						
Interactive Software Designs, Inc.						
Moscow, ID 83843, U.S.A.						
All Rights Reserved						
* Ver. 5.203 96 - 1999 *						

Problem Description : 6a						
SEGMENT BOUNDARY COORDINATES						
3 SURFACE boundary segments						
Segment No.	x-left (m)	y-left (m)	x-right (m)	y-right (m)	Soil Unit Below Segment	
1	58.0	30.0	100.0	30.0	1	
2	100.0	30.0	107.0	25.8	1	
3	107.0	25.8	150.0	25.8	1	
6 SUBSURFACE boundary segments						
Segment No.	x-left (m)	y-left (m)	x-right (m)	y-right (m)	Soil Unit Below Segment	
1	58.0	25.8	150.0	25.9	2	
2	58.0	24.4	150.0	24.4	3	
3	58.0	21.8	150.0	21.8	4	
4	58.0	17.8	150.0	17.8	5	
5	58.0	10.8	150.0	10.8	6	
6	58.0	8.8	150.0	8.8	7	
ISOTROPIC Soil Parameters						
7 Soil unit(s) specified						
Soil Unit No.	Unit Weight Moist (kN/m ³)	Unit Weight Sat. (kN/m ³)	Cohesion Intercept (kPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Parameter R_{u1} Constant (kPa)	Water Surface No.
1	18.0	18.0	1.0	30.00	.000	.0 1
2	17.6	17.6	1.0	30.00	.000	.0 1
3	14.4	14.4	1.0	00.00	.000	.0 1
4	13.9	13.9	1.0	00.00	.000	.0 1
5	14.4	14.3	1.0	00.00	.000	.0 1

6	21.5	21.6	0.3	50.00	.000	.0	1
7	16.4	16.4	2.3	00.00	.000	.0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 9.81 (kN/m³)

Water Surface No. 1 specified by 2 coordinate points

PHREATIC SURFACE

Point No.	x-water (m)	y-water (m)
1	58.00	25.20
2	150.00	25.20

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified.

225 trial surfaces will be generated and analyzed.

15 Surfaces initiate from each of 15 points equally spaced

along the ground surface between x = 104.0 m

and x = 115.0 m

Each surface terminates between x = 80.0 m

and x = 100.0 m

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is y = .0 m

***** DEFAULT SEGMENT LENGTH SELECTED BY XSTABL *****

1.0 m line segments define each trial failure surface.

ANGULAR RESTRICTIONS

The first segment of each failure surface will be inclined

within the angular range defined by :

Lower angular limit := -45.0 degrees

Upper angular limit := (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the :

***** SIMPLIFIED BISHOP METHOD *****

The most critical circular failure surface

is specified by 10 coordinate points

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	106.36	26.19
2	105.36	26.16
3	104.36	26.27
4	103.40	26.52
5	102.47	26.90
6	101.61	27.42
7	100.84	28.04
8	100.15	28.77

9	99.58	29.59			
10	99.38	30.00			
**** Simplified BISHOP FOS = 0.661 ****					
The following is a summary of the TEN most critical surfaces					
Problem Description : 6a					
FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord y-coord (m) (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1. 0.661	105.65 33.22	7.07	106.36	99.38	2.913E+02
2. 0.680	107.39 34.51	8.81	108.71	99.83	3.368E+02
3. 0.721	107.77 37.51	11.98	110.29	98.45	7.378E+02
4. 0.730	105.78 35.76	10.19	107.93	97.38	8.591E+02
5. 0.736	107.14 38.70	13.11	109.50	97.35	1.009E+03
6. 0.737	104.56 32.44	6.50	106.36	98.55	4.243E+02
7. 0.740	107.04 35.53	10.26	110.29	98.41	8.049E+02
8. 0.744	105.70 34.54	9.25	108.71	97.66	8.667E+02
9. 0.750	104.33 33.95	7.40	105.57	98.09	3.851E+02
10. 0.761	104.36 35.17	8.05	104.79	98.21	2.860E+02
*** END OF FILE ***					

Tabel L5.6. Output Hasil Perhitungan xstabl untuk Ketinggian Timbunan Kritis (H kritis = 2 m) di Zona 6.1.

STABL File:3ZONA6 6-11-17 26:52					
***** X S T A B L *****					
Slope Stability Analysis					
using the					
Method of Slices					
Copyright (C) 1992 - 99					
Interactive Software Designs, Inc.					
Moscow, ID 83843, U.S.A.					
All Rights Reserved					
* Ver. 5.203 96 - 1999 *					

Problem Description : 6a					
SEGMENT BOUNDARY COORDINATES					
3 SURFACE boundary segments					
Segment No.	x-left (m)	y-left (m)	x-right (m)	y-right (m)	Soil Unit Below Segment
1	58.0	27.8	100.0	27.8	1
2	100.0	27.8	107.0	25.8	1
3	107.0	25.8	150.0	25.8	1

6 SUBSURFACE boundary segments

Segment No.	x-left (m)	y-left (m)	x-right (m)	y-right (m)	Soil Unit Below Segment
1	58.0	25.8	150.0	25.9	2
2	58.0	24.4	150.0	24.4	3
3	58.0	21.8	150.0	21.8	4
4	58.0	17.8	150.0	17.8	5
5	58.0	10.8	150.0	10.8	6
6	58.0	8.8	150.0	8.8	7

ISOTROPIC Soil Parameters

7 Soil unit(s) specified

Soil Unit No.	Unit Weight Moist (kN/m ³)	Unit Weight Sat. (kN/m ³)	Cohesion Intercept (kPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Parameter Ru	Pore Pressure Constant (kPa)	Water Surface No.
1	18.0	18.0	1.0	30.00	.000	.0	1
2	17.6	17.6	1.0	30.00	.000	.0	1
3	14.4	14.4	1.0	00.00	.000	.0	1
4	13.9	13.9	1.0	00.00	.000	.0	1
5	14.4	14.3	1.0	00.00	.000	.0	1
6	21.5	21.6	0.3	30.00	.000	.0	1
7	16.4	16.4	2.3	00.00	.000	.0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 9.81 (kN/m³)

Water Surface No. 1 specified by 2 coordinate points

PHREATIC SURFACE,

Point No.	x-water (m)	y-water (m)
1	58.00	25.20
2	150.00	25.20

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified.

225 trial surfaces will be generated and analyzed.

15 Surfaces initiate from each of 15 points equally spaced

along the ground surface between x = 104.0 m
and x = 115.0 m

Each surface terminates between x = 80.0 m
and x = 100.0 m

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is y = .0 m

***** DEFAULT SEGMENT LENGTH SELECTED BY XSTABL *****

1.0 m line segments define each trial failure surface.

ANGULAR RESTRICTIONS

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by :

Lower angular limit := -45.0 degrees

Upper angular limit := (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the :

***** SIMPLIFIED BISHOP METHOD *****

The most critical circular failure surface is specified by 10 coordinate points

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	109.50	25.80
2	108.61	25.34
3	107.67	24.99
4	106.70	24.78
5	105.70	24.69
6	104.70	24.74
7	103.72	24.92
8	102.77	25.23
9	101.86	25.66
10	101.03	26.20
11	100.27	26.85
12	99.60	27.60
13	99.46	27.80

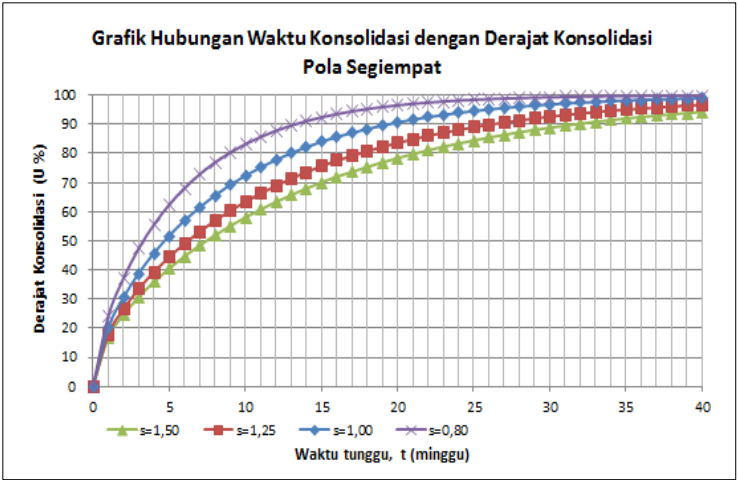
**** Simplified BISHOP FOS = 1.397 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

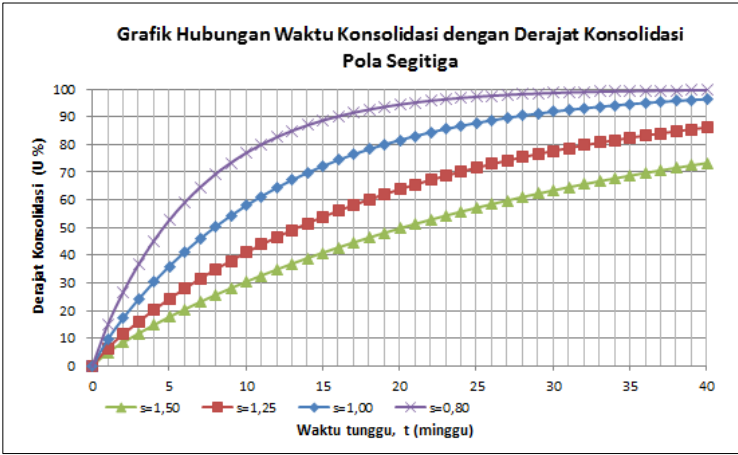
Problem Description : 6a

	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord (m)	Circle Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.397	105.56	32.26	7.56	109.50	99.46	4.682E+02
2.	1.399	103.90	32.27	6.29	105.57	99.50	1.523E+02
3.	1.404	105.01	33.58	8.98	109.50	98.16	7.025E+02
4.	1.404	104.18	30.05	5.67	107.93	99.00	4.162E+02
5.	1.419	103.75	32.11	6.65	106.36	98.71	2.996E+02
6.	1.427	104.76	32.37	8.59	110.29	97.51	9.378E+02
7.	1.428	104.81	29.80	6.17	109.50	98.97	5.839E+02
8.	1.434	104.31	29.53	5.78	108.71	98.82	5.329E+02
9.	1.435	105.48	30.60	6.80	110.29	99.29	5.998E+02
10.	1.440	105.32	30.28	6.69	110.29	99.12	6.413E+02

*** END OF FILE ***



Gambar L5.3. Kurva hubungan derajat konsolidasi dan waktu konsolidasi PVD pola segiempat zona 6.1



Gambar L5.4. Kurva hubungan derajat konsolidasi dan waktu konsolidasi PVD pola segitiga zona 6.1

Tabel L5.7. Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi, $U > 90\%$

Perubahan Tegangan	Po' (t/m ²)	$\Delta P_1'$ (t/m ²)	$\Delta P_2'$ (t/m ²)	$\Delta P_3'$ (t/m ²)	$\Delta P_4'$ (t/m ²)	$\Delta P_5'$ (t/m ²)	$\Delta P_6'$ (t/m ²)	$\Delta P_7'$ (t/m ²)	$\Sigma \sigma'$ (t/m ²)
Tinggi Timbunan	H = 0 m	H = 0,50 m	H = 1,00 m	H = 1,50 m	H = 2,00 m	H = 2,50 m	H = 2,82 m	H = 3,50 m	
Umur Timbunan	-	24	23	22	21	20	19	18	
Kedalaman (m)		96,88	96,40	95,85	95,22	94,48	93,64	92,66	
0,7	0,5289	0,8564	0,8594	0,8565	0,8517	0,8456	0,8382	0,9210	7,25780
1,7	1,1892	0,8636	0,8617	0,8578	0,8526	0,8462	0,8387	0,9215	8,93127
2,8	1,6490	0,8656	0,8627	0,8584	0,8530	0,8466	0,8390	0,9218	10,44601
3,8	2,0869	0,8668	0,8634	0,8588	0,8533	0,8468	0,8393	0,9220	11,88732
4,5	2,3927	0,8674	0,8637	0,8591	0,8535	0,8470	0,8394	0,9222	12,94506
5,5	2,7854	0,8680	0,8641	0,8594	0,8538	0,8472	0,8396	0,9224	14,33985
6,5	3,1782	0,8684	0,8644	0,8596	0,8540	0,8474	0,8397	0,9226	15,73430
7,5	3,5709	0,8688	0,8647	0,8598	0,8542	0,8475	0,8399	0,9227	17,12850
8,5	3,9801	0,8691	0,8649	0,8600	0,8543	0,8477	0,8400	0,9229	18,53904
9,5	4,4058	0,8693	0,8651	0,8602	0,8545	0,8478	0,8401	0,9230	19,96593
10,5	4,8315	0,8695	0,8653	0,8604	0,8546	0,8480	0,8403	0,9232	21,39268
11,5	5,2572	0,8697	0,8655	0,8605	0,8547	0,8481	0,8404	0,9233	22,81931
12,5	5,6829	0,8699	0,8656	0,8606	0,8548	0,8482	0,8405	0,9234	24,24583
13,5	6,1086	0,8700	0,8657	0,8607	0,8549	0,8483	0,8405	0,9235	25,67228
14,5	6,5343	0,8701	0,8658	0,8608	0,8550	0,8483	0,8406	0,9236	27,09865
15,5	7,3253	0,8703	0,8660	0,8610	0,8552	0,8485	0,8408	0,9238	28,89083
16,5	8,4818	0,8705	0,8662	0,8612	0,8554	0,8487	0,8409	0,9240	31,04863
17,5	9,3800	0,8707	0,8663	0,8613	0,8555	0,8488	0,8411	0,9241	32,94765
18,5	10,0198	0,8707	0,8664	0,8614	0,8555	0,8488	0,8411	0,9242	34,58806
19,5	10,6597	0,8708	0,8665	0,8614	0,8556	0,8489	0,8412	0,9243	36,22842

CeTeau-Drain CT-D822

Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D822
Drain Body	Configuration	-	
	Material	-	PP
Filter Jacket	Colour	-	white
	Material	-	PET
Assembled Drain	Colour	-	gray
	Weight	g/m	75
	Width	mm	100
	Thickness	mm	4

Mechanical properties	Symbol	Test	Unit	CT-D822
Filter Jacket				
Grab Tensile Strength	F	ASTM D4632	N	480
Elongation	E	ASTM D4632	%	32
Tear Strength		ASTM D4533	N	120
Pore Size	CL	ASTM D4751	µm	< 75
Permeability	k	ASTM D4481	m/s	> 1.0 x 10 ⁻¹
Assembled Drain				
Tensile Strength	F	ASTM D4595	kN	2.75
Elongation at break	E	ASTM D4595	%	40
Strength at 10% elongation	F	ASTM D4595	kN	2.2
Elongation at 1 kN tensile strength	e	ASTM D4595	%	1.5
Discharge capacity at 100 kPa	q _s	ASTM D4716	m ³ /s	158 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 150 kPa	q _s	ASTM D4716	m ³ /s	157 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 200 kPa	q _s	ASTM D4716	m ³ /s	155 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 250 kPa	q _s	ASTM D4716	m ³ /s	150 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 300 kPa	q _s	ASTM D4716	m ³ /s	141 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 350 kPa	q _s	ASTM D4716	m ³ /s	135 x 10 ⁻⁶

Transport details		Unit	CT-D822
Roll length		m	250
Outside diameter roll		m	1.10
Inside diameter roll		m	0.15
Weight roll		kg	20
40ft container		m	125,000

All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SER Building, 1st Floor
Jl. Ronggoluk Industri Raya No. 10 Surabaya 60269
Tel. 031-8475962 Fax. 031-8475963
Email : info@geosistern.co.id Website : www.geosistern.co.id



Gambar L6.1. Spesifikasi PVD yang digunakan

UnggulFelt

Polyester Nonwoven Geotextile

Technical Specifications

PROPERTIES	TEST METHOD	UNIT	UNW-150	UNW-200	UNW-250	UNW-300	UNW-350	UNW-400	UNW-450	UNW-500	UNW-600	UNW-700
Physical												
Thickness	ASTM D 5199	mm	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Polymer	-	-	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET
Mass Per Unit Area	ASTM D 1777	g/m ²	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
Colour	-	-	White	White	White	White	White	White	White	White	White	White
Mechanical												
Tensile Strength												
- Machine Direction	ASTM D 4595	kN/m	5	7	9	12	15	18	21	23	26	30
- Cross Direction	ASTM D 4595	kN/m	3	5	6	7	8	9	12	14	16	18
Elongation at Break												
- Machine Direction	ASTM D 4595	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
- Cross Direction	ASTM D 4595	%	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
CBR Puncture Resistance	ASTM D 6241	N	500	800	900	1200	1500	2000	2200	2800	3400	3800
Cone Drop Test	EN ISO 13433	mm	17	16	14	12	10	7	6	5	4	3
Hydraulic												
Permeability	ASTM D 4491	mm/s	3.6	3.2	3.0	2.8	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8
Flow Rate	ASTM D 4491	l/m ²	160	150	140	100	50	40	35	30	25	20
Apparent Opening Size (AOS)	ASTM D 4751	µm	200	200	180	180	160	160	140	140	120	120
Environmental												
Effect of Soil Alkalinity	-	-	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil
Effect of Soil Acidity	-	-	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil
Effect of UV Light	-	-	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil
Dimension												
Roll Width	-	m	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Roll Length	-	m	100	100	100	100	100	100	100	50	50	50
Roll Area	-	m ²	400	400	400	400	400	400	400	200	200	200

The information contained here in is to the best of our knowledge accurate, but the circumstances and conditions in which it may be used are beyond our control, we do not accept any loss or damage, however arising, which results directly or indirectly from use or such nor do we offer any warranty or immunity against patent infringement (August 2011)

Distributed by : **PT. TEKINDO GEOSISTEM UNGGUL**
 Wisma SIER Building, 1st Floor
 Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293, INDONESIA
 Telp. 031-847 5062, Fax. 031-847 5063
 Website : www.geosistem.co.id
 Email : info@geosistem.co.id



Gambar L6.2. Spesifikasi Geotextile yang digunakan

Tabel L7.1. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Blanca

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
3	1D+1L	Combination	0,052	0,350	2,752	-0,719	-0,081	-0,016
4	1D+1L	Combination	-0,155	0,311	1,328	-0,666	-0,379	-0,006
5	1D+1L	Combination	-0,414	0,161	22,075	-0,345	-0,765	-0,023
6	1D+1L	Combination	-0,074	0,241	6,156	-0,416	-0,316	-0,010
8	1D+1L	Combination	-0,273	0,173	20,420	-0,360	-0,550	-0,010
9	1D+1L	Combination	-0,104	0,159	40,699	-0,342	-0,290	-0,017
10	1D+1L	Combination	-0,212	0,129	8,132	-0,288	-0,431	-0,023
11	1D+1L	Combination	-0,103	0,179	8,499	-0,354	-0,325	-0,030
13	1D+1L	Combination	0,160	-0,080	42,887	-0,121	0,063	-0,025
15	1D+1L	Combination	0,090	-0,546	33,677	0,497	0,049	-0,023
20	1D+1L	Combination	-0,658	-2,356	22,932	3,014	-0,950	-0,012
21	1D+1L	Combination	2,001	0,360	19,046	-0,718	2,429	-0,032
22	1D+1L	Combination	0,147	-0,991	5,296	1,232	0,115	-0,011
25	1D+1L	Combination	-0,184	0,899	13,623	-1,268	-0,350	-0,011
26	1D+1L	Combination	-0,274	1,012	32,470	-1,439	-0,469	-0,006

Tabel L7.2. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Brazza

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
56	1D+1L	Combination	0,082	0,422	24,544	-0,197	0,132	-0,033
86	1D+1L	Combination	-0,019	-0,318	1,225	0,879	-0,125	-0,031
87	1D+1L	Combination	-0,275	-0,289	7,623	0,959	-0,463	-0,031
88	1D+1L	Combination	-0,103	-0,358	20,087	0,930	-0,208	-0,033
89	1D+1L	Combination	-0,079	-0,200	9,300	0,626	-0,175	-0,034
90	1D+1L	Combination	0,544	-0,372	37,741	0,902	0,922	-0,032
91	1D+1L	Combination	0,260	-0,586	8,382	1,233	0,368	-0,034
98	1D+1L	Combination	-0,092	-0,459	29,584	1,100	-0,049	-0,033
101	1D+1L	Combination	-0,105	0,794	31,829	-0,643	-0,115	-0,033
103	1D+1L	Combination	-0,271	0,711	37,886	-0,364	-0,156	-0,033
106	1D+1L	Combination	0,147	1,194	9,373	-0,929	0,397	-0,036
117	1D+1L	Combination	0,009	-0,244	28,189	0,900	0,034	-0,029
119	1D+1L	Combination	-0,098	-0,296	11,932	1,040	-0,107	-0,030

Tabel L7.3. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Brieva

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
7	1D+1L	Combination	0,012	-0,024	25,120	-0,005	0,023	-0,011
74	1D+1L	Combination	-0,018	-0,058	23,737	0,031	-0,034	-0,004

75	1D+1L	Combination	-0,026	0,060	26,454	-0,091	-0,045	-0,003
77	1D+1L	Combination	0,045	-0,155	14,242	0,169	0,054	-0,006
79	1D+1L	Combination	0,052	0,086	2,248	-0,157	0,069	-0,004
80	1D+1L	Combination	0,033	0,005	17,073	-0,043	0,051	-0,004
81	1D+1L	Combination	0,033	0,139	11,085	-0,227	0,052	-0,005
82	1D+1L	Combination	0,123	-0,094	13,557	0,084	0,185	-0,004
83	1D+1L	Combination	-0,143	-0,039	22,071	0,044	-0,190	0,002
88	1D+1L	Combination	-0,036	0,036	16,623	-0,056	-0,040	-0,004
89	1D+1L	Combination	-0,043	-0,017	18,803	0,011	-0,050	-0,003
90	1D+1L	Combination	0,041	-0,057	25,074	0,064	0,055	-0,006
91	1D+1L	Combination	-0,101	0,177	3,043	-0,240	-0,125	-0,003
95	1D+1L	Combination	0,043	0,001	15,035	-0,014	0,074	-0,002
97	1D+1L	Combination	-0,155	-0,107	4,784	0,136	-0,188	-0,002
98	1D+1L	Combination	-0,029	0,104	23,902	-0,154	-0,021	-0,002
99	1D+1L	Combination	0,091	-0,007	29,488	-0,010	0,128	-0,003
100	1D+1L	Combination	0,057	0,004	16,080	-0,015	0,087	-0,002
101	1D+1L	Combination	-0,023	-0,027	11,514	0,026	-0,017	-0,002
102	1D+1L	Combination	0,033	0,004	20,155	-0,018	0,057	-0,002
103	1D+1L	Combination	0,021	0,008	14,446	-0,022	0,039	-0,002
105	1D+1L	Combination	-0,055	-0,160	12,287	0,191	-0,077	-0,003
112	1D+1L	Combination	0,046	0,121	21,850	-0,180	0,063	-0,003

Tabel L7.4. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Compton

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
2	1D+1L	Combination	0,119	-0,056	14,778	0,110	0,138	0,003
87	1D+1L	Combination	0,093	0,052	7,971	-0,037	0,108	0,001
88	1D+1L	Combination	0,002	-0,015	8,466	0,051	-0,017	0,002
90	1D+1L	Combination	0,003	-0,040	3,983	0,084	-0,018	0,001
92	1D+1L	Combination	0,036	0,127	4,136	-0,138	0,034	0,001
93	1D+1L	Combination	-0,006	0,353	11,241	-0,439	-0,022	0,001
94	1D+1L	Combination	0,022	0,220	18,975	-0,262	0,010	0,001
95	1D+1L	Combination	-0,026	0,137	7,800	-0,151	-0,054	0,001
98	1D+1L	Combination	0,040	-0,164	10,044	0,247	0,031	0,001
102	1D+1L	Combination	-0,067	0,215	11,102	-0,249	-0,109	-0,003
103	1D+1L	Combination	0,264	0,127	9,463	-0,132	0,329	0,002
110	1D+1L	Combination	-0,087	0,030	8,689	-0,013	-0,137	0,001
111	1D+1L	Combination	0,028	0,157	9,134	-0,179	0,015	0,000
115	1D+1L	Combination	0,001	-0,148	1,191	0,226	-0,022	0,002
155	1D+1L	Combination	-0,211	-0,101	10,317	0,170	-0,302	-0,001
156	1D+1L	Combination	-0,193	-0,018	10,454	0,061	-0,277	0,000
157	1D+1L	Combination	-0,296	0,119	2,763	-0,120	-0,411	-0,001
158	1D+1L	Combination	-0,202	-0,021	6,971	0,065	-0,289	-0,001
192	1D+1L	Combination	0,039	-0,221	8,016	0,320	0,033	-0,004
202	1D+1L	Combination	0,117	-0,119	5,839	0,193	0,132	-0,002
204	1D+1L	Combination	0,247	-0,168	7,706	0,257	0,303	0,000

205	1D+1L	Combination	0,018	0,178	25,490	-0,201	0,003	-0,002
210	1D+1L	Combination	0,062	-0,643	8,081	0,878	0,059	0,002

Tabel L7.5. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Licoln

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
27	1D+1L	Combination	-0,173	-0,021	28,667	0,166	-0,274	0,001
42	1D+1L	Combination	-0,386	-0,128	7,822	0,302	-0,554	0,002
56	1D+1L	Combination	-0,088	0,504	9,171	-0,714	-0,135	0,005
57	1D+1L	Combination	0,416	-0,129	3,834	0,323	0,531	-0,002
60	1D+1L	Combination	-0,087	0,052	2,435	0,064	-0,162	0,019
62	1D+1L	Combination	0,171	-0,283	25,423	0,511	0,186	0,003
64	1D+1L	Combination	0,074	-0,058	3,510	0,230	0,057	0,017
69	1D+1L	Combination	-0,079	-0,804	10,117	1,193	-0,143	-0,002
71	1D+1L	Combination	0,003	-0,025	15,992	0,173	-0,043	0,002
72	1D+1L	Combination	-0,021	-0,136	1,629	0,312	-0,067	0,003
73	1D+1L	Combination	-0,045	-0,273	4,370	0,498	-0,099	0,000
75	1D+1L	Combination	0,055	-0,125	19,213	0,312	0,033	0,000
76	1D+1L	Combination	-0,029	0,141	18,607	-0,048	-0,086	0,001
77	1D+1L	Combination	0,312	-0,126	17,538	0,312	0,369	0,002
79	1D+1L	Combination	0,049	-0,156	10,788	0,337	0,020	0,002
90	1D+1L	Combination	-0,102	0,232	14,358	-0,162	-0,186	0,003
93	1D+1L	Combination	0,012	2,127	10,575	-2,643	-0,031	0,002
95	1D+1L	Combination	-0,066	1,034	9,596	-1,235	-0,134	-0,001
104	1D+1L	Combination	0,146	-1,208	7,472	1,762	0,117	0,000

105	1D+1L	Combination	-0,201	-0,939	7,180	1,372	-0,342	0,016
108	1D+1L	Combination	0,287	0,063	10,720	0,054	0,388	0,036
110	1D+1L	Combination	-0,247	0,257	2,489	-0,207	-0,317	0,009

Tabel L7.6. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Westmont

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
4	1D+1L	Combination	-0,034	-0,213	2,095	0,461	-0,083	-0,006
5	1D+1L	Combination	0,301	-0,240	12,558	0,471	0,333	-0,005
6	1D+1L	Combination	-0,009	0,493	8,615	-0,595	-0,089	0,005
7	1D+1L	Combination	-0,203	0,757	15,533	-0,995	-0,301	0,027
8	1D+1L	Combination	-0,192	0,974	27,413	-1,101	-0,321	-0,009
9	1D+1L	Combination	0,084	0,357	25,069	-0,284	0,073	-0,006
252	1D+1L	Combination	-0,057	0,031	2,015	0,006	-0,152	-0,026
253	1D+1L	Combination	0,017	0,527	26,874	-0,544	-0,051	-0,007
254	1D+1L	Combination	0,272	0,542	14,572	-0,672	0,328	0,005
257	1D+1L	Combination	-0,071	-0,857	3,962	1,176	-0,200	0,025
258	1D+1L	Combination	-0,137	-0,877	4,337	1,165	-0,288	0,009
263	1D+1L	Combination	0,078	0,252	15,477	-0,181	0,071	-0,035
271	1D+1L	Combination	0,035	-0,835	13,510	1,255	0,007	-0,009
272	1D+1L	Combination	-0,151	-0,267	6,062	0,571	-0,237	-0,009
273	1D+1L	Combination	-0,011	-0,117	10,580	0,374	-0,082	-0,007
274	1D+1L	Combination	-0,052	-0,104	4,208	0,357	-0,153	-0,008
275	1D+1L	Combination	-0,051	-0,180	5,590	0,448	-0,152	-0,006
276	1D+1L	Combination	-0,029	-0,063	11,804	0,292	-0,107	-0,009

277	1D+1L	Combination	-0,175	-0,134	7,560	0,387	-0,321	-0,004
278	1D+1L	Combination	-0,031	0,007	17,856	0,173	-0,130	-0,010
281	1D+1L	Combination	-0,066	-0,204	14,341	0,451	-0,154	-0,005
285	1D+1L	Combination	0,485	0,152	11,008	-0,047	0,552	-0,011

Tabel L7.7. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Brewers

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
178	1D+1L	Combination	-0,008	-0,030	4,290	0,073	-0,028	-0,009
179	1D+1L	Combination	-0,015	-0,033	4,866	0,078	-0,034	-0,008
180	1D+1L	Combination	-0,012	-0,007	4,391	0,036	-0,031	-0,004
181	1D+1L	Combination	0,016	-0,034	7,322	0,072	0,024	-0,009
182	1D+1L	Combination	0,054	-0,039	5,865	0,079	0,090	-0,005
183	1D+1L	Combination	0,045	-0,050	1,909	0,093	0,093	-0,009
184	1D+1L	Combination	0,037	-0,006	1,989	0,043	0,083	-0,005
185	1D+1L	Combination	0,065	0,005	12,450	0,028	0,126	-0,005
186	1D+1L	Combination	0,102	-0,398	10,100	0,600	0,175	-0,008
187	1D+1L	Combination	-0,128	-0,114	6,095	0,240	-0,129	-0,008
188	1D+1L	Combination	0,058	-0,283	19,290	0,409	0,096	-0,009
189	1D+1L	Combination	0,026	0,055	13,282	-0,038	0,037	-0,004
190	1D+1L	Combination	-0,015	0,059	7,077	-0,034	-0,037	-0,004
191	1D+1L	Combination	-0,133	0,187	9,166	-0,212	-0,232	-0,015
194	1D+1L	Combination	-0,071	-0,074	9,051	0,141	-0,090	-0,009
195	1D+1L	Combination	0,229	0,006	7,313	0,063	0,247	-0,009
196	1D+1L	Combination	-0,226	0,019	23,335	0,048	-0,298	-0,007

197	1D+1L	Combination	-0,061	0,047	9,447	0,027	-0,079	-0,007
198	1D+1L	Combination	0,456	0,301	10,647	-0,324	0,624	-0,007
203	1D+1L	Combination	-0,258	-0,150	11,181	0,287	-0,320	-0,007
204	1D+1L	Combination	-0,045	-0,282	5,051	0,445	-0,046	-0,009
205	1D+1L	Combination	-0,078	1,196	18,568	-1,514	-0,089	-0,004
206	1D+1L	Combination	-0,037	-0,373	14,966	0,560	-0,009	-0,009

Tabel L7.8. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Brinkman

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
1	1D+1L	Combination	-0,299	0,157	9,636	-0,205	-0,442	-0,007
3	1D+1L	Combination	0,044	0,081	5,377	-0,164	0,051	-0,008
5	1D+1L	Combination	-0,043	-0,018	20,462	-0,017	-0,065	-0,008
10	1D+1L	Combination	-0,023	0,208	1,917	-0,321	-0,046	-0,008
11	1D+1L	Combination	-0,002	0,129	1,820	-0,227	-0,018	-0,008
12	1D+1L	Combination	0,274	0,189	4,443	-0,309	0,294	-0,009
13	1D+1L	Combination	-0,180	0,060	9,552	-0,119	-0,307	-0,008
14	1D+1L	Combination	-0,134	-0,025	8,274	-0,006	-0,250	-0,008
15	1D+1L	Combination	0,398	-0,022	9,214	0,011	0,454	-0,010
16	1D+1L	Combination	0,151	0,006	3,347	-0,026	0,140	-0,009
17	1D+1L	Combination	-0,196	0,080	15,556	-0,111	-0,320	-0,007
18	1D+1L	Combination	0,040	-0,530	12,917	0,655	0,026	-0,008
19	1D+1L	Combination	0,009	-0,191	6,295	0,196	-0,014	-0,008
20	1D+1L	Combination	-0,261	0,297	24,555	-0,432	-0,391	-0,010
21	1D+1L	Combination	0,174	0,060	14,114	-0,138	0,186	-0,008

28	1D+1L	Combination	-0,023	0,000	1,723	-0,020	-0,041	-0,001
29	1D+1L	Combination	0,388	0,020	17,236	-0,045	0,487	-0,010
31	1D+1L	Combination	-0,120	-0,401	5,657	0,533	-0,220	-0,009
32	1D+1L	Combination	-0,571	-0,108	5,661	0,142	-0,780	-0,004
33	1D+1L	Combination	-0,268	0,447	10,413	-0,593	-0,366	-0,009
34	1D+1L	Combination	-0,017	0,083	2,197	-0,128	-0,033	-0,004
36	1D+1L	Combination	-0,015	-0,540	3,143	0,711	-0,006	-0,010
37	1D+1L	Combination	-0,009	-0,659	4,286	0,854	0,002	-0,011
39	1D+1L	Combination	0,169	0,622	9,257	-0,839	0,213	-0,005
42	1D+1L	Combination	0,513	0,057	11,506	-0,093	0,632	-0,007

Tabel L7.9. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Branson

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
273	1D+1L	Combination	0,303	0,036	8,369	-0,019	0,476	0,012
274	1D+1L	Combination	-0,493	-0,001	4,564	-0,013	-0,577	0,011
275	1D+1L	Combination	-0,351	0,002	6,730	-0,016	-0,386	0,011
276	1D+1L	Combination	0,030	0,051	4,432	-0,103	0,118	0,012
277	1D+1L	Combination	0,043	0,030	1,172	-0,075	0,118	0,012
278	1D+1L	Combination	-0,031	0,050	3,933	-0,081	0,020	0,014
279	1D+1L	Combination	-0,028	0,044	9,223	-0,072	0,015	0,012
280	1D+1L	Combination	-0,082	0,089	8,067	-0,149	-0,055	0,012
281	1D+1L	Combination	0,056	0,059	2,931	-0,109	0,136	0,011
282	1D+1L	Combination	0,039	-0,048	1,724	0,049	0,090	0,013
283	1D+1L	Combination	0,057	0,034	1,696	-0,081	0,113	0,012

284	1D+1L	Combination	0,104	0,052	4,171	-0,104	0,190	0,012
285	1D+1L	Combination	0,078	-0,039	8,110	0,081	0,138	0,016
286	1D+1L	Combination	-0,002	-0,183	13,356	0,240	0,033	0,012
287	1D+1L	Combination	0,030	0,010	9,999	0,016	0,056	0,016
288	1D+1L	Combination	0,100	0,001	6,843	-0,003	0,147	0,012
289	1D+1L	Combination	0,003	-0,089	5,274	0,148	-0,030	0,015
290	1D+1L	Combination	0,002	-0,212	8,941	0,271	-0,031	0,016
291	1D+1L	Combination	0,308	-0,042	14,731	0,047	0,423	0,015
292	1D+1L	Combination	-0,001	0,020	6,513	0,003	-0,051	0,016
293	1D+1L	Combination	-0,049	0,080	6,287	-0,116	-0,115	0,015
294	1D+1L	Combination	0,128	0,052	1,697	-0,104	0,199	0,012
295	1D+1L	Combination	0,020	0,107	14,354	-0,192	0,057	0,014
296	1D+1L	Combination	0,524	0,211	9,271	-0,288	0,696	0,009
297	1D+1L	Combination	-0,891	-0,496	9,973	0,606	-1,175	0,008
298	1D+1L	Combination	0,103	0,185	1,326	-0,295	0,214	0,013

Tabel L7.10. Output Hasil Perhitungan SAP2000 untuk Masing – masing *joint* Rumah Tipe Catriona

TABLE: Joint Reactions								
Joint	Output Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
5	1D+1L	Combination	-0,052	-0,141	14,353	0,175	-0,024	0,004
436	1D+1L	Combination	0,556	0,160	5,418	-0,205	0,804	0,005
437	1D+1L	Combination	-0,177	0,165	16,509	-0,229	-0,165	0,019
438	1D+1L	Combination	-0,543	-0,187	21,376	0,236	-0,665	0,007
439	1D+1L	Combination	0,800	-0,094	8,133	0,131	1,110	0,003

440	1D+1L	Combination	0,294	-0,026	4,801	0,041	0,432	0,004
441	1D+1L	Combination	0,068	-0,014	1,490	0,025	0,125	0,004
442	1D+1L	Combination	0,029	-0,001	2,319	0,009	0,071	0,005
443	1D+1L	Combination	0,123	0,016	2,530	-0,021	0,196	0,004
444	1D+1L	Combination	0,054	0,010	1,595	-0,014	0,107	0,004
445	1D+1L	Combination	0,030	0,046	1,771	-0,064	0,075	0,005
446	1D+1L	Combination	-0,298	-0,063	9,875	0,080	-0,350	0,006
447	1D+1L	Combination	-0,100	0,010	7,488	-0,036	-0,088	0,003
448	1D+1L	Combination	0,134	0,029	3,755	-0,061	0,230	0,005
449	1D+1L	Combination	-0,448	0,011	8,662	-0,031	-0,539	0,003
450	1D+1L	Combination	0,092	0,046	2,788	-0,077	0,180	0,005
451	1D+1L	Combination	-0,024	-0,017	11,589	-0,001	0,028	0,003
452	1D+1L	Combination	-0,050	0,048	8,419	-0,087	0,002	0,004
453	1D+1L	Combination	-0,001	0,094	7,846	-0,138	0,067	0,003
454	1D+1L	Combination	-0,486	-0,092	23,288	0,107	-0,584	0,004

Tabel L7.11. Reaksi yang Terjadi pada Pondasi Rumah Tipe Blanca dengan nilai $B = 1,5$ m dan $D_f = 1,05$ m

TABLE: Joint Reactions							
Joint	F1	F2	F3	M1	M2	Qult	
Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m ²	Tonf-m ²
3	0,052	0,350	2,752	-0,719	-0,081	2,55	4,25
4	-0,155	0,311	1,328	-0,666	-0,379	1,13	4,40
5	-0,414	0,161	22,07	-0,345	-0,765	9,65	14,32
6	-0,074	0,241	6,156	-0,416	-0,316	3,85	5,98
8	-0,273	0,173	20,42	-0,360	-0,550	9,49	13,01
9	-0,104	0,159	40,69	-0,342	-0,290	19,22	21,31

10	-0,212	0,129	8,132	-0,288	-0,431	4,39	7,19
11	-0,103	0,179	8,499	-0,354	-0,325	4,85	7,05
13	0,160	-0,080	42,88	-0,121	0,063	21,25	21,23
15	0,090	-0,546	33,67	0,497	0,049	17,46	16,82
20	-0,658	-2,356	22,93	3,014	-0,950	11,75	12,98
21	2,001	0,360	19,04	-0,718	2,429	17,04	4,24
22	0,147	-0,991	5,296	1,232	0,115	5,72	3,34
25	-0,184	0,899	13,62	-1,268	-0,350	6,37	10,09
26	-0,274	1,012	32,47	-1,439	-0,469	14,27	18,95
Maksimum						21,31	
Minimum						1,13	

Tabel L7.12. Reaksi yang Terjadi pada Pondasi Rumah Tipe Blanca dengan nilai $B = 1,2$ m dan $D_f = 1,05$ m

TABLE: Joint Reactions							
Joint	F1	F2	F3	M1	M2	Qult	
Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m ²	Tonf-m ²
3	0,052	0,350	2,752	-0,719	-0,081	2,51	5,82
4	-0,155	0,311	1,328	-0,666	-0,379	-0,02	6,37
5	-0,414	0,161	22,07	-0,345	-0,765	13,02	22,14
6	-0,074	0,241	6,156	-0,416	-0,316	4,45	8,61
8	-0,273	0,173	20,42	-0,360	-0,550	13,00	19,87
9	-0,104	0,159	40,69	-0,342	-0,290	28,47	32,56
10	-0,212	0,129	8,132	-0,288	-0,431	5,17	10,63
11	-0,103	0,179	8,499	-0,354	-0,325	6,01	10,30
13	0,160	-0,080	42,88	-0,121	0,063	32,05	32,02
15	0,090	-0,546	33,677	0,497	0,049	26,26	25,02

20	-0,658	-2,356	22,93	3,014	-0,950	16,97	19,38
21	2,001	0,360	19,04	-0,718	2,429	27,98	2,98
22	0,147	-0,991	5,296	1,232	0,115	8,26	3,60
25	-0,184	0,899	13,63	-1,268	-0,350	8,08	15,34
26	-0,274	1,012	32,47	-1,439	-0,469	20,23	29,38
Maksimum						32,56	
Minimum						-0,02	

Tabel L7.13. Rekapitulasi Faktor Pengaruh di Beberapa Titik Pondasi pada Tipe Rumah Blanca (1)

No	Kedalaman (m)	I	I	I ₂	I	I ₃	I	I ₄	I	I ₅	I	I ₆
1	0-1,4	0,044	0,130	0,127	0,109	0,108	0,110	0,110	0,132	0,132	0,132	0,132
2	1,4-2	0,027	0,102	0,097	0,085	0,083	0,086	0,086	0,105	0,105	0,106	0,105
3	2-3,5	0,020	0,085	0,079	0,070	0,068	0,073	0,072	0,090	0,089	0,090	0,090
4	3,5-4	0,014	0,069	0,062	0,057	0,054	0,060	0,059	0,075	0,074	0,076	0,075
5	4-5	0,011	0,057	0,050	0,047	0,044	0,051	0,050	0,064	0,063	0,065	0,064
6	5-6	0,008	0,047	0,041	0,040	0,036	0,044	0,042	0,056	0,054	0,057	0,056
7	6-7	0,007	0,040	0,034	0,034	0,031	0,038	0,037	0,048	0,047	0,050	0,049
8	7-8	0,005	0,034	0,029	0,029	0,026	0,033	0,032	0,043	0,041	0,044	0,043
9	8-9	0,004	0,029	0,024	0,025	0,022	0,029	0,028	0,038	0,036	0,040	0,038
10	9-10	0,004	0,025	0,021	0,022	0,019	0,026	0,024	0,034	0,032	0,036	0,034
11	10-11	0,003	0,022	0,018	0,019	0,017	0,023	0,022	0,030	0,028	0,032	0,031
12	11-12	0,003	0,020	0,016	0,017	0,015	0,021	0,019	0,027	0,025	0,029	0,028
13	12-13	0,002	0,017	0,014	0,015	0,013	0,019	0,017	0,025	0,023	0,026	0,025
14	13-14	0,002	0,016	0,012	0,013	0,012	0,017	0,015	0,022	0,021	0,024	0,023

15	14-15	0,002	0,014	0,011	0,012	0,010	0,015	0,014	0,020	0,019	0,022	0,021
16	15-16	0,002	0,013	0,010	0,011	0,009	0,014	0,013	0,019	0,017	0,020	0,019
17	16-17	0,001	0,011	0,009	0,010	0,008	0,013	0,012	0,017	0,015	0,019	0,017
18	17-18	0,001	0,010	0,008	0,009	0,008	0,012	0,011	0,016	0,014	0,017	0,016
19	18-19	0,001	0,009	0,007	0,008	0,007	0,011	0,010	0,015	0,013	0,016	0,015
20	19-20	0,001	0,009	0,007	0,008	0,006	0,010	0,009	0,013	0,012	0,015	0,014

Tabel L7.14. Rekapitulasi Faktor Pengaruh di Beberapa Titik Pondasi pada Tipe Rumah Blanca (2)

No	Kedalaman (m)	I	I ₇	I	I ₈	I	I ₉	I	I ₁₀	I	I ₁₁	I
1	0-1,4	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,110	0,132	0,132	0,111	0,111	0,111
2	1,4-2	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,086	0,105	0,105	0,087	0,087	0,087
3	2-3,5	0,074	0,074	0,074	0,073	0,073	0,073	0,090	0,089	0,074	0,074	0,074
4	3,5-4	0,062	0,062	0,061	0,061	0,061	0,060	0,075	0,074	0,062	0,062	0,062
5	4-5	0,053	0,053	0,052	0,052	0,052	0,051	0,064	0,063	0,053	0,053	0,053
6	5-6	0,046	0,046	0,045	0,045	0,045	0,044	0,056	0,054	0,046	0,046	0,046
7	6-7	0,041	0,040	0,040	0,039	0,039	0,038	0,049	0,047	0,041	0,040	0,041
8	7-8	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,043	0,041	0,036	0,036	0,036

9	8-9	0,033	0,032	0,031	0,030	0,030	0,029	0,038	0,036	0,033	0,032	0,033
10	9-10	0,029	0,029	0,028	0,027	0,027	0,026	0,034	0,032	0,030	0,029	0,029
11	10-11	0,027	0,026	0,025	0,024	0,024	0,023	0,031	0,029	0,027	0,026	0,027
12	11-12	0,024	0,024	0,023	0,022	0,022	0,021	0,028	0,026	0,024	0,024	0,024
13	12-13	0,022	0,022	0,021	0,020	0,020	0,019	0,025	0,023	0,022	0,022	0,022
14	13-14	0,020	0,020	0,019	0,018	0,018	0,017	0,023	0,021	0,021	0,020	0,020
15	14-15	0,019	0,018	0,017	0,016	0,016	0,015	0,021	0,019	0,019	0,018	0,019
16	15-16	0,017	0,017	0,016	0,015	0,015	0,014	0,019	0,017	0,017	0,017	0,017
17	16-17	0,016	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,017	0,016	0,016	0,015	0,016
18	17-18	0,015	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,016	0,014	0,015	0,014	0,015
19	18-19	0,014	0,013	0,012	0,012	0,012	0,011	0,015	0,013	0,014	0,013	0,014
20	19-20	0,013	0,012	0,011	0,011	0,011	0,010	0,014	0,012	0,013	0,012	0,013

Tabel L7.15. Besar Tegangan pada Masing – masing Pondasi pada Tipe Rumah Blanca ditinjau di bawah titik *joint* nomor 15 (1)

No.	Kedalaman (m)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)	σ_5 (t/m ²)	σ_6 (t/m ²)	σ_7 (t/m ²)	σ_8 (t/m ²)
		17,464	21,247	5,823	6,373	17,04	14,321	8,606	10,304
1	0-1,4	1,535	0,070	0,007	0,002	0,004	0,002	0,000	0,001
2	1,4-2	0,960	0,104	0,012	0,003	0,009	0,003	0,001	0,002
3	2-3,5	0,699	0,124	0,015	0,005	0,013	0,005	0,001	0,003
4	3,5-4	0,497	0,136	0,017	0,006	0,018	0,008	0,002	0,004
5	4-5	0,371	0,138	0,019	0,008	0,023	0,010	0,002	0,006
6	5-6	0,286	0,134	0,019	0,009	0,027	0,013	0,003	0,007
7	6-7	0,228	0,126	0,018	0,009	0,030	0,015	0,004	0,008
8	7-8	0,185	0,117	0,017	0,010	0,032	0,017	0,004	0,009
9	8-9	0,153	0,107	0,016	0,010	0,033	0,018	0,005	0,010
10	9-10	0,129	0,098	0,015	0,010	0,034	0,019	0,005	0,010
11	10-11	0,110	0,089	0,014	0,010	0,033	0,020	0,005	0,010
12	11-12	0,095	0,081	0,013	0,009	0,033	0,020	0,006	0,010

13	12-13	0,083	0,074	0,012	0,009	0,032	0,020	0,006	0,010
14	13-14	0,073	0,067	0,011	0,009	0,031	0,020	0,006	0,010
15	14-15	0,065	0,061	0,010	0,008	0,030	0,020	0,006	0,010
16	15-16	0,058	0,056	0,009	0,008	0,029	0,019	0,006	0,009
17	16-17	0,052	0,052	0,009	0,007	0,027	0,019	0,006	0,009
18	17-18	0,047	0,048	0,008	0,007	0,026	0,018	0,006	0,009
19	18-19	0,043	0,044	0,007	0,007	0,025	0,017	0,005	0,008
20	19-20	0,039	0,041	0,007	0,006	0,024	0,017	0,005	0,008

Tabel L7.16. Besar Tegangan pada Masing – masing Pondasi pada Tipe Rumah Blanca ditinjau di bawah titik *joint* nomor 15 (2)

No.	Kedalaman (m)	σ_9 (t/m ²)	σ_{10} (t/m ²)	σ_{11} (t/m ²)	σ_{12} (t/m ²)	σ_{13} (t/m ²)	σ_{14} (t/m ²)	σ_{15} (t/m ²)	$\Delta\sigma$ pondasi (t/m ²)
		10,628	18,949	15,345	8,262	19,382	21,310	19,872	
1	0-1,4	0,002	0,004	0,001	0,000	0,004	0,012	0,004	1,648
2	1,4-2	0,003	0,009	0,001	0,001	0,008	0,022	0,007	1,145
3	2-3,5	0,005	0,013	0,002	0,001	0,011	0,030	0,010	0,936

4	3,5-4	0,007	0,018	0,003	0,002	0,016	0,040	0,014	0,787
5	4-5	0,009	0,023	0,004	0,002	0,020	0,048	0,018	0,699
6	5-6	0,010	0,028	0,005	0,003	0,023	0,053	0,021	0,640
7	6-7	0,012	0,031	0,006	0,004	0,025	0,057	0,023	0,595
8	7-8	0,012	0,033	0,007	0,004	0,027	0,058	0,025	0,557
9	8-9	0,013	0,035	0,008	0,005	0,027	0,058	0,025	0,524
10	9-10	0,013	0,036	0,008	0,005	0,027	0,057	0,026	0,492
11	10-11	0,013	0,036	0,009	0,005	0,027	0,055	0,026	0,463
12	11-12	0,013	0,035	0,009	0,006	0,026	0,053	0,025	0,435
13	12-13	0,013	0,035	0,010	0,006	0,025	0,051	0,024	0,409
14	13-14	0,012	0,033	0,010	0,006	0,024	0,048	0,024	0,384
15	14-15	0,012	0,032	0,010	0,006	0,023	0,045	0,023	0,361
16	15-16	0,011	0,031	0,010	0,006	0,022	0,043	0,022	0,339
17	16-17	0,011	0,030	0,010	0,006	0,021	0,040	0,021	0,318
18	17-18	0,010	0,028	0,010	0,006	0,020	0,038	0,020	0,299
19	18-19	0,010	0,027	0,009	0,005	0,019	0,035	0,019	0,281

20	19-20	0,009	0,026	0,009	0,005	0,018	0,033	0,018	0,265
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabel L7.17. Besar Tegangan pada Masing – masing Pondasi pada Tipe Rumah Blanca ditinjau di bawah titik yang terletak 1m di sebelah kanan *joint* nomor 21 (1)

No.	Kedalaman (m)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)	σ_5 (t/m ²)	σ_6 (t/m ²)	σ_7 (t/m ²)	σ_8 (t/m ²)
		17,464	21,247	5,823	6,373	17,041	14,321	8,606	10,304
1	0-1,4	0,005	0,142	0,013	0,065	1,226	0,025	0,002	0,003
2	1,4-2	0,009	0,187	0,019	0,071	0,826	0,040	0,004	0,006
3	2-3,5	0,013	0,203	0,023	0,068	0,622	0,051	0,005	0,008
4	3,5-4	0,019	0,204	0,025	0,061	0,454	0,061	0,007	0,011
5	4-5	0,023	0,193	0,025	0,053	0,344	0,066	0,009	0,013
6	5-6	0,028	0,177	0,024	0,045	0,269	0,067	0,010	0,015
7	6-7	0,031	0,160	0,023	0,039	0,215	0,066	0,011	0,016
8	7-8	0,033	0,143	0,021	0,033	0,176	0,063	0,012	0,017
9	8-9	0,034	0,127	0,019	0,029	0,147	0,060	0,012	0,017
10	9-10	0,035	0,113	0,017	0,025	0,124	0,056	0,012	0,017

11	10-11	0,035	0,101	0,016	0,022	0,106	0,052	0,012	0,016
12	11-12	0,034	0,091	0,014	0,019	0,092	0,048	0,012	0,016
13	12-13	0,033	0,082	0,013	0,017	0,080	0,044	0,011	0,015
14	13-14	0,032	0,074	0,012	0,015	0,071	0,041	0,011	0,014
15	14-15	0,031	0,067	0,011	0,014	0,063	0,038	0,010	0,013
16	15-16	0,030	0,060	0,010	0,012	0,056	0,035	0,010	0,013
17	16-17	0,028	0,055	0,009	0,011	0,050	0,032	0,009	0,012
18	17-18	0,027	0,050	0,008	0,010	0,045	0,030	0,009	0,011
19	18-19	0,026	0,046	0,008	0,009	0,041	0,028	0,008	0,011
20	19-20	0,024	0,043	0,007	0,009	0,038	0,026	0,008	0,010

Tabel L7.18. Besar Tegangan pada Masing – masing Pondasi pada Tipe Rumah Blanca ditinjau di bawah titik yang terletak 1m di sebelah kanan *joint* nomor 21 (2)

No.	Kedalaman (m)	σ_9 (t/m ²)	σ_{10} (t/m ²)	σ_{11} (t/m ²)	σ_{12} (t/m ²)	σ_{13} (t/m ²)	σ_{14} (t/m ²)	σ_{15} (t/m ²)	$\Delta\sigma$ pondasi (t/m ²)
		10,628	18,949	15,345	8,262	19,382	21,310	19,872	
1	0-1,4	0,002	0,003	0,000	0,000	0,001	0,016	0,016	1,519
2	1,4-2	0,004	0,006	0,001	0,000	0,002	0,029	0,028	1,231
3	2-3,5	0,006	0,009	0,001	0,000	0,002	0,039	0,036	1,088
4	3,5-4	0,008	0,013	0,002	0,001	0,004	0,051	0,045	0,963
5	4-5	0,010	0,017	0,003	0,001	0,005	0,059	0,050	0,871
6	5-6	0,012	0,020	0,004	0,001	0,007	0,064	0,052	0,796
7	6-7	0,013	0,023	0,005	0,001	0,008	0,067	0,052	0,731
8	7-8	0,014	0,026	0,006	0,002	0,009	0,068	0,051	0,673
9	8-9	0,015	0,028	0,007	0,002	0,010	0,066	0,049	0,621
10	9-10	0,015	0,029	0,007	0,002	0,011	0,064	0,046	0,574
11	10-11	0,014	0,029	0,008	0,003	0,012	0,061	0,043	0,531
12	11-12	0,014	0,030	0,008	0,003	0,012	0,058	0,040	0,491

13	12-13	0,014	0,029	0,009	0,003	0,013	0,055	0,037	0,455
14	13-14	0,013	0,029	0,009	0,003	0,013	0,052	0,035	0,423
15	14-15	0,013	0,028	0,009	0,003	0,013	0,048	0,032	0,393
16	15-16	0,012	0,027	0,009	0,003	0,013	0,045	0,030	0,366
17	16-17	0,011	0,026	0,009	0,003	0,013	0,042	0,028	0,341
18	17-18	0,011	0,025	0,009	0,003	0,013	0,040	0,026	0,318
19	18-19	0,010	0,024	0,009	0,003	0,012	0,037	0,024	0,297
20	19-20	0,010	0,023	0,009	0,003	0,012	0,035	0,022	0,278

Tabel L7.19. Perhitungan *Settlement* akibat Beban Pondasi untuk Tipe Rumah Blanca pada Zona 6.2 ditinjau dari titik joint nomor 15

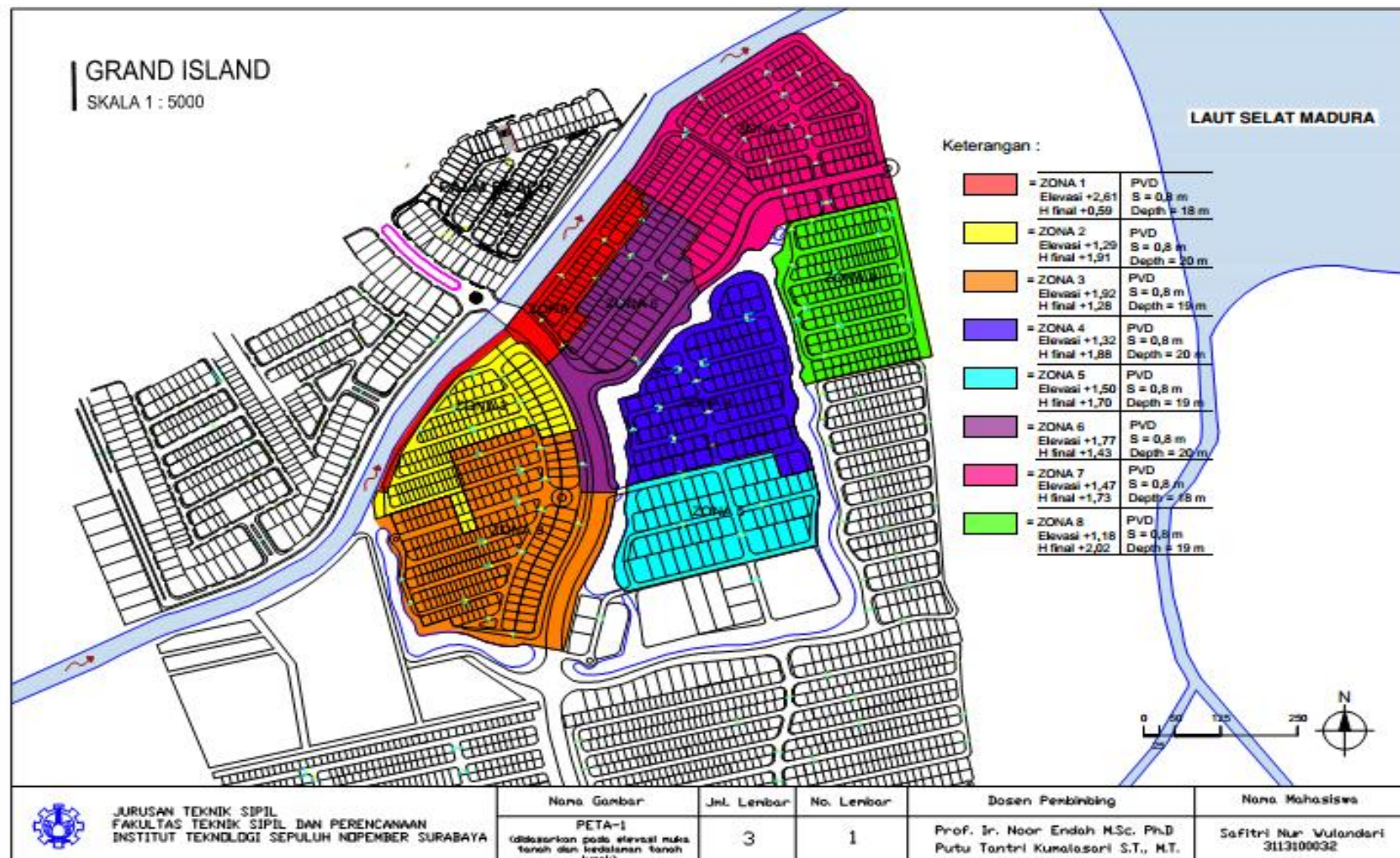
No	Kedalaman (m)	Tebal Lap	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	P'o (t/m ²)	P'c (t/m ²)	$\Delta\sigma$ pondasi (t/m ²)	Cs	Cc	eo	Sci (m)
1	0-1,4	1,4	1,756	1,756	0,529	1,129	1,1475	0,000	0,000	1,250	0,00000
2	1,4-2	0,6	1,435	1,438	1,189	1,789	0,6448	0,113	1,110	2,825	0,00500
3	2-3,5	1	1,435	1,438	1,539	2,139	0,4364	0,113	1,110	2,825	0,00319
4	3,5-4	1	1,435	1,438	1,977	2,577	0,2875	0,113	1,110	2,825	0,00173

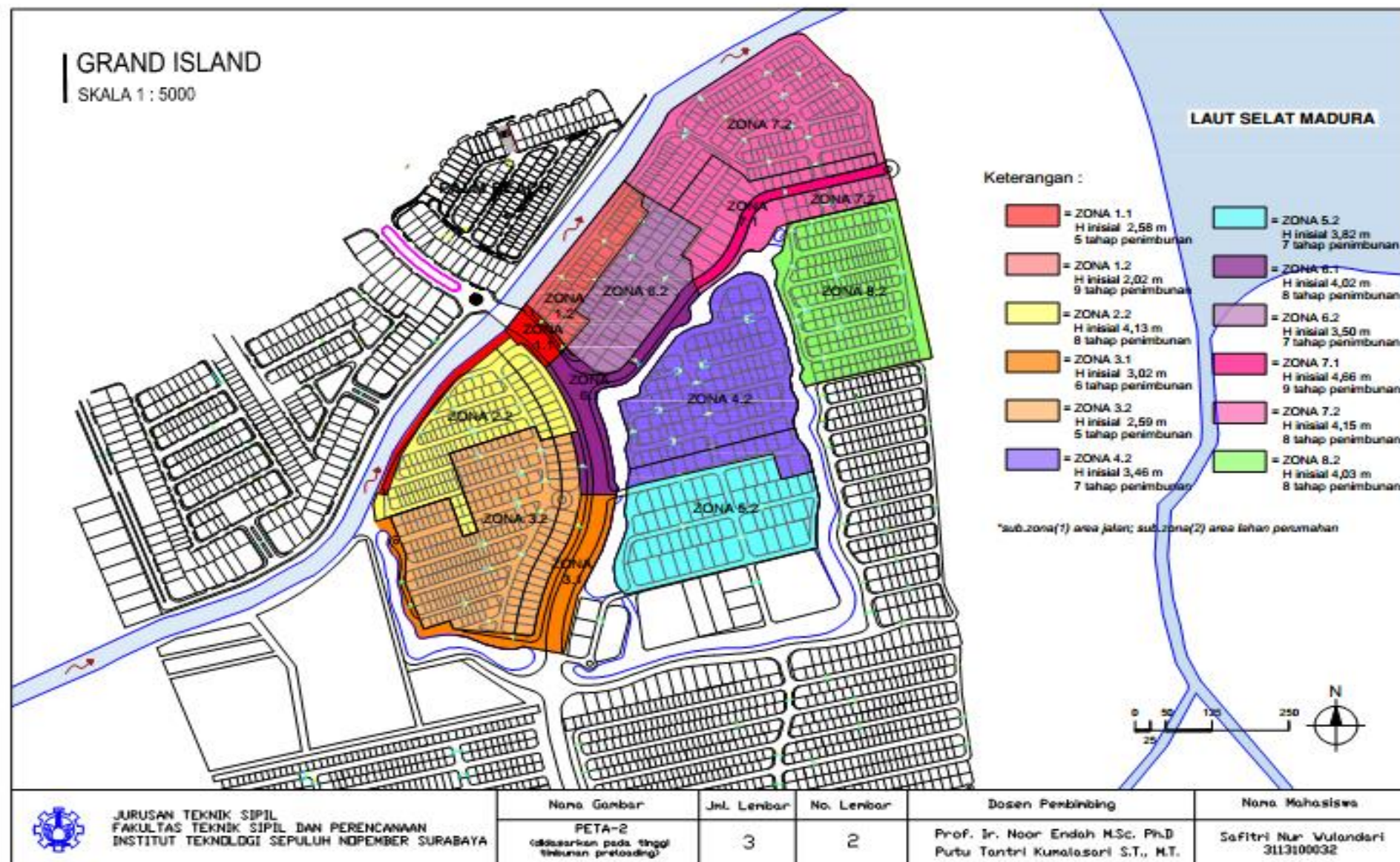
5	4-5	1	1,390	1,393	2,393	2,993	0,1993	0,165	1,683	3,265	0,00134
6	5-6	1	1,390	1,393	2,785	3,385	0,1400	0,165	1,683	3,265	0,00082
7	6-7	1	1,390	1,393	3,178	3,778	0,0950	0,165	1,683	3,265	0,00049
8	7-8	1	1,390	1,393	3,571	4,171	0,0573	0,165	1,683	3,265	0,00027
9	8-9	1	1,435	1,426	3,980	4,580	0,0236	0,171	1,573	2,970	0,00011
10	9-10	1	1,435	1,426	4,406	5,006	-0,0076	0,171	1,573	2,970	0,00000
11	10-11	1	1,435	1,426	4,831	5,431	-0,0370	0,171	1,573	2,970	0,00000
12	11-12	1	1,435	1,426	5,257	5,857	-0,0649	0,171	1,573	2,970	0,00000
13	12-13	1	1,435	1,426	5,683	6,283	-0,0912	0,171	1,573	2,970	0,00000
14	13-14	1	1,435	1,426	6,109	6,709	-0,1161	0,171	1,573	2,970	0,00000
15	14-15	1	1,435	1,426	6,534	7,134	-0,1394	0,171	1,573	2,970	0,00000
16	15-16	1	2,150	2,156	7,325	7,925	-0,1614	0,000	0,000	0,470	0,00000
17	16-17	1	2,150	2,156	8,482	9,082	-0,1819	0,000	0,000	0,470	0,00000
18	17-18	1	1,640	1,640	9,380	9,980	-0,2010	0,169	0,846	1,463	0,00000
19	18-19	1	1,640	1,640	10,020	10,620	-0,2188	0,169	0,846	1,463	0,00000
20	19-20	1	1,640	1,640	10,660	11,260	-0,2354	0,169	0,846	1,463	0,00000

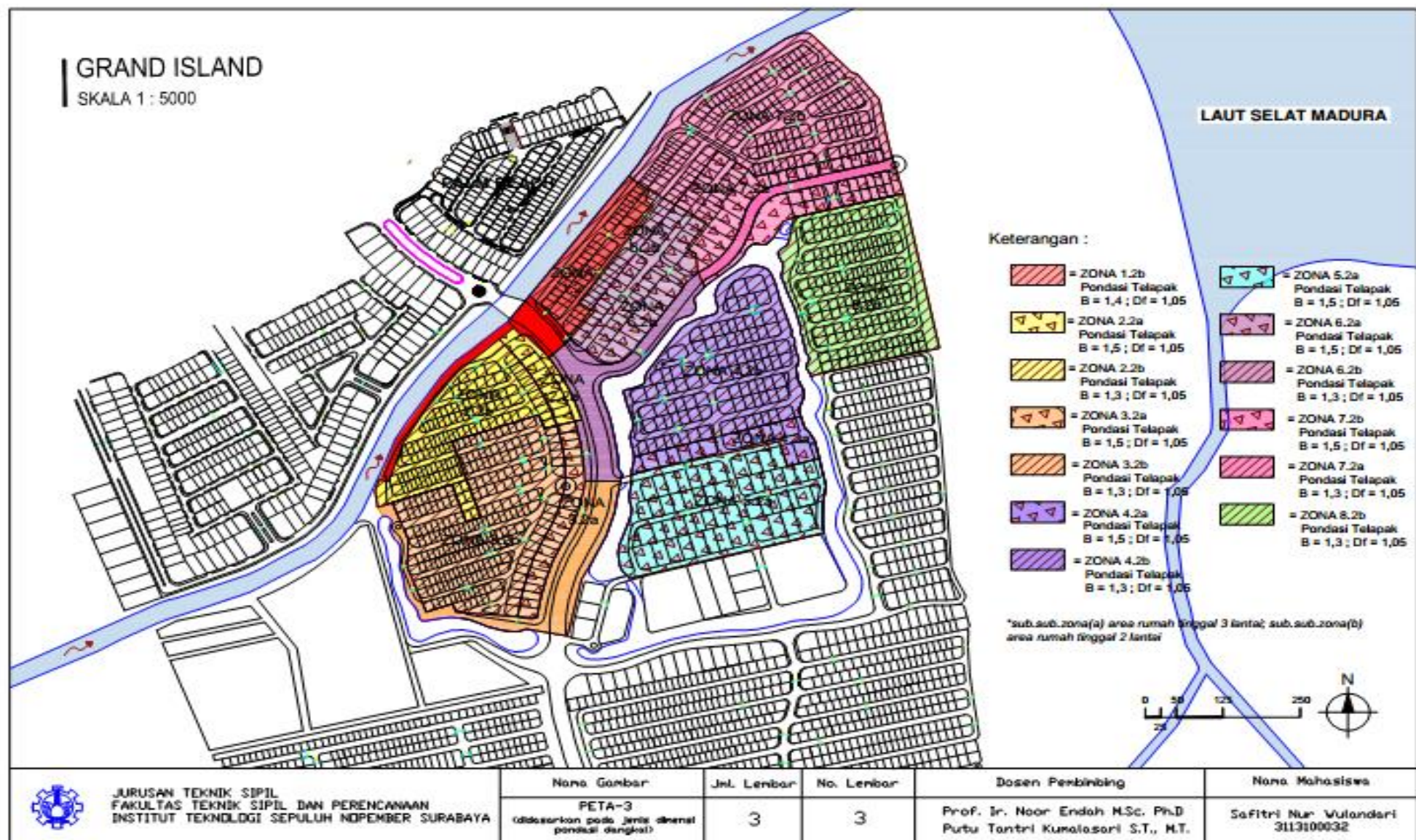
ΣSci	0,01297
-------------	----------------

Tabel L7.20. Perhitungan *Settlement* akibat Beban Pondasi untuk Tipe Rumah Blanca pada Zona 6.2 ditinjau dari titik 1m di sebelah kanan *joint* nomor 21

No	Kedalaman (m)	Tebal Lap	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	P'o (t/m ²)	P'c (t/m ²)	$\Delta\sigma$ pondasi (t/m ²)	Cs	Cc	eo	Sci (m)
1	0-1,4	1,4	1,756	1,756	0,529	1,129	1,0191	0,000	0,000	1,250	0,00000
2	1,4-2	0,6	1,435	1,438	1,189	1,789	0,7311	0,113	1,110	2,825	0,00000
3	2-3,5	1	1,435	1,438	1,539	2,139	0,5877	0,113	1,110	2,825	0,00848
4	3,5-4	1	1,435	1,438	1,977	2,577	0,4635	0,113	1,110	2,825	0,00413
5	4-5	1	1,390	1,393	2,393	2,993	0,3710	0,165	1,683	3,265	0,00269
6	5-6	1	1,390	1,393	2,785	3,385	0,2957	0,165	1,683	3,265	0,00242
7	6-7	1	1,390	1,393	3,178	3,778	0,2307	0,165	1,683	3,265	0,00170
8	7-8	1	1,390	1,393	3,571	4,171	0,1730	0,165	1,683	3,265	0,00118
9	8-9	1	1,435	1,426	3,980	4,580	0,1209	0,171	1,573	2,970	0,00080
10	9-10	1	1,435	1,426	4,406	5,006	0,0736	0,171	1,573	2,970	0,00056
11	10-11	1	1,435	1,426	4,831	5,431	0,0305	0,171	1,573	2,970	0,00031







“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap **Safitri Nur Wulandari**, lahir di Surabaya tanggal 29 Februari 1996, merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Mojopanggung, SMPN 3 Jember, dan SMAN 1 Jember. Pada tahun 2013 penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember program studi S1 melalui jalur SNMPTN dengan NRP 3113100032. Di jurusan teknik sipil penulis mengambil judul tugas akhir bidang geoteknik.

Selama masa perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan dan organisasi di bidang kemahasiswaan antara lain menjadi pengurus HMS (Himpunan Mahasiswa Sipil) sebagai ketua divisi keilmiahan departemen keprofesian dan keilmiahan, menjadi ketua keputrian departemen syiar Al-Hadiid (Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Sipil), serta menjadi ketua divisi jaringan BKK di Lembaga Dakwah Kampus ITS.

Beberapa prestasi penulis dalam bidang keilmiahan antara lain menjadi juara harapan 1 LKTI MARSS pada tahun 2013, juara 3 *Call for Paper* CENS UI pada tahun 2014, finalis *top 5 Call for Paper* CENS UI pada tahun 2015, penerima hibah PKM Penelitian pada tahun 2015, dan menjadi Juara 1 LKTI Gapeksindo pada tahun 2016. Penulis juga pernah mengikuti lomba *Bridge Design Competition* bertaraf internasional tahun 2016 di Singapura dan memperoleh peringkat 25 dari 55 peserta. Jika ingin menghubungi penulis dapat melalui *email* di safitrinurw@gmail.com